

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL LABORATORIO DE PINTURA DE LA ESCUELA
NAVAL DE SUBOFICIALES ARC “BARRANQUILLA”

KAROLYN DEL CARMEN BERDUGO DE LA HOZ
CINDY PAOLA CHARRIS MALDONADO



CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA-CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA

2018

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DEL LABORATORIO DE PINTURA DE LA ESCUELA
NAVAL DE SUBOFICIALES ARC “BARRANQUILLA”

KAROLYN DEL CARMEN BERDUGO DE LA HOZ

CINDY PAOLA CHARRIS MALDONADO

Trabajo de grado presentado para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Asesores

PhD. JAIRO RAFAEL CORONADO HERNÁNDEZ

MSc. JULIO MOJICA HERAZO

Asesor Metodológico

MSc. ALFONSO RAFAEL ROMERO CONRADO

CORPORACIÓN UNIVERSIDAD DE LA COSTA-CUC

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BARRANQUILLA

2018

Nota de aceptación

Aprobado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad de la Costa para optar al título de Ingeniero Industrial.

Firma jurado

Firma jurado

Barranquilla, 2018

Dedicatoria

A Dios. Por haberme dado la vida y con sus días las sorpresas de un camino muy especial, lleno de esperanza y mucho propósito. Su apoyo e infinita bondad me hacen muy feliz de ser su hija.

A mi madre Benicia. Por su amor incondicional y por ser esa la luz infinita que ilumina mi camino. Mis ganas de aprender y dar lo mejor de mí, vienen como su herencia.

A mi padre Orlando. Por su amor, respaldo y buen ejemplo. Me siento afortunada de ser su hija y que todas mis metas tengan sellado su nombre.

A mis hermanos Orlando y Harold. Por todo su cuidado, amor y apoyo incondicional en todos los procesos de mi vida. Son un motor infinito para mí y siento profunda admiración por ellos.

Al señor Gabriel Peluffo. Porque siempre estuvo ahí dándonos fuerzas para sacar cada proyecto adelante.

A mis familiares. Por sus buenos deseos para mi vida. Primos, tíos todos hacen parte de este grupo inmensamente especial para mí.

Cindy Paola Charris Maldonado

Dedicatoria

Para triunfar en la vida no es importante llegar primero, simplemente hay que llegar y levantarnos cada vez que caemos en el camino. Al culminar uno de mis objetivos dedico este logro a:

Dios, por darme la vida, por ser mi roca, mi escudo, mi salvación y fortaleza. Por las puertas que abre y cierra para protegerme, aunque a veces no lo comprenda. Por enseñarme que las mejores batallas no se ganan con espadas sino doblando rodillas. A ti toda la Gloria y Honra.

A mi Hijo Christopher, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más. Para él van dedicados todos mis logros. Te Amo.

A mis Padres Edinson y Sandra por ser el pilar de mi vida, por velar por mi bienestar y educación, por infundir en mí la perseverancia y el deseo de superación; resaltando su apoyo incondicional, por depositar su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos quien soy lo que soy ahora.

A mis Hermanos Kevin y Yesid por confiar en mis capacidades y estar siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, especialmente en los momentos de dificultad.

Karolyn Del Carmen Berdugo De la hoz.

Agradecimientos

A la Universidad de la Costa. Por su infinito apoyo en la construcción de todos mis logros y todo el valor agregado que me proporcionaron, el cual ha marcado la diferencia en mi vida.

A la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, por brindarnos todo el apoyo para poder de realizar este proyecto.

A nuestros tutores del proyecto Jairo y Julio. Por ser nuestros guías y brindarnos todo ese apoyo. Cada una de sus sugerencias ha sido atesorada para marcar la diferencia en mi vida. Sus enseñanzas fueron pilar en el desarrollo del proyecto.

Cindy Paola Charris Maldonado

Agradecimientos

Le agradezco a la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” que nos abrió sus puertas, haciendo posible el desarrollo de este proyecto de grado.

A nuestros tutores, los Ingenieros Jairo Coronado y Julio Mojica, quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborarnos compartiendo sus conocimientos, para hacer de éste un proyecto de calidad.

Al Señor Gabriel Peluffo, por apoyarnos y confiar en nosotras para llevar a cabo este trabajo de grado e impartir sus conocimientos y experiencia. Por guiarnos en todo el proceso investigativo para desarrollarlo de la mejor manera posible.

A la Universidad De La Costa, porque con ella nuestros sueños son una realidad, en especial a la facultad de Ingeniería por incentivar mi continua formación profesional y permitirme el espacio necesario para desarrollar las actividades que esto implica.

Karolyn Del Carmen Berdugo De la hoz.

Resumen

En el presente proyecto se realizó la propuesta de una nueva distribución del laboratorio de materiales compuestos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” (ENSB), con el fin de reducir el costo y mejorar su proceso de producción de pintura vinilo tipo I, también se hizo un análisis de costos en el que se realizaron comparaciones entre la distribución actual y la distribución propuesta. Todo esto con el objetivo de verificar cuál de las distribuciones es más rentable, que garantice una producción eficiente. El documento se divide en tres capítulos, en el primero se presentan generalidades del proyecto. En el segundo, se realizó un análisis de la situación actual del proceso y la distribución del laboratorio de materiales compuestos de la ENSB, esto se hizo a través de un análisis de factores y un estudio de métodos y tiempos con la finalidad de realizar los diagramas correspondientes al proceso, observar falencias y proponer algunas mejoras dentro del proceso; se determinó el costo de la distribución actual. En el capítulo tres se muestran los resultados de las mejoras implementadas dentro del proceso y a través del método CRAFT se establece un diseño de redistribución que busca optimizar tiempo, espacios y costos. Se lleva a cabo un análisis comparativo de costos de la distribución actual y la propuesta. Por último se plantea una serie de recomendaciones de mejora basadas en lo evidenciado.

Palabras clave: distribución de plantas, procesos, rentabilidad, estudio de métodos y estudio de tiempos, optimización, fabricación.

Abstract

In the present project the proposal of a new distribution of the laboratory of composite materials of the Naval School of Sub-officers ARC "Barranquilla" (ENSB) was made, in order to reduce the cost and improve its production process of type I vinyl paint, A cost analysis was also carried out in which comparisons were made between the actual distribution and the proposed distribution. All this with the aim of verifying that the distributions are more profitable, that guarantees an efficient production. The document is divided into three chapters, the first presents generalities of the project. In the second, an analysis of the real situation of the process and the distribution of the laboratory of composite materials of the ENSB was made, this was done through a factor analysis, and a study of methods and times in order to make the diagrams corresponds to the process, observe shortcomings and propose some improvements to the process; the cost of the current distribution was determined. Chapter three shows the results of the improvements implemented within the process and through the CRAFT method, a redistribution design is established that seeks to optimize time, space and costs. A comparative analysis of the costs of the current distribution is carried out and the proposal for the last one made a series of improvement recommendations based on the evidence.

Key word: distribution of plants, processes, profitability, study of methods and study of times, optimization, manufacturing.

Contenido

Capítulo 1. Consideraciones Generales.....	17
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Objetivos.....	18
1.2.1 General	18
1.2.2 Específicos:.....	18
1.3 Justificación.....	19
1.4 Metodología propuesta.....	20
1.5 Marco teórico	21
1.5.1 Distribución en planta.....	21
1.5.2 Ventajas de una eficiente distribución en planta.	21
1.6 Tipos de distribución en planta	22
1.6.1 Distribución por posición fija.....	22
1.6.2 Distribución por proceso o función	23
1.6.3 Distribución por producto.....	24
1.6.4 Distribución basada en tecnología de grupos	24
1.6.5 Factores que afectan la distribución en planta.....	25
1.6.6 Como planear la distribución.....	27
1.7 Estudio de métodos y tiempos.....	28
1.7.1 Estudio de métodos.....	28
1.7.2 Gráficos utilizados en los estudios de métodos	29
1.7.3 Estudio de tiempos	30
1.7.4 Valoración tiempo de trabajo	31
1.8 Método CRAFT (Computer Relative Allocation of Facilities Technique).....	33
1.9 Normativas en la fabricación de pintura al agua.....	34
1.9.1 Norma Técnica Colombiana NTC 1335: Pinturas al agua tipo emulsión.	34
10.1.2 Norma Técnica Colombiana NTC 5828: Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia.	37
Capítulo 2. Diagnóstico de la situación actual del proceso y de la distribución del laboratorio de materiales	39
2.1 Distribución actual del Laboratorio de Materiales Compuestos de la ENSB.....	39
2.2 Descripción del proceso productivo y de recursos actuales	48
2.3 Análisis de factores.....	48
2.3.1 Factor material.....	49
2.3.2 Factor maquinaria	50
2.3.3 Factor hombre.....	51
2.3.4 Factor edificio.....	52
2.3.5 Factor servicio	53

2.3.6 Factor espera.....	53
2.3.7 Factor movimiento.....	53
2.4 <i>Estudio de tiempos</i>	53
2.5 <i>Diagramas de proceso</i>	56
2.6 <i>Matrices para determinar el costo de la actual distribución</i>	58
2.6.1 Distribución de los departamentos	58
2.6.2 Matriz de flujos anuales.....	58
2.6.3 Matriz de costos por viajes anuales	59
2.6.4 Matriz de distancias recorridas	60
2.6.5 Costo total distribución actual	60
Capítulo 3. Diseño propuesto para la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB	62
3.1 <i>Resultados del proceso mejorado</i>	62
3.2 <i>Diagrama de recorrido mejorado</i>	69
3.3 <i>Propuesta de una nueva distribución</i>	70
3.3.1 Propuesta nueva distribución.....	76
3.4 <i>Análisis de Costos</i>	79
3.4.1 Costo actual distribución versus costo de la nueva distribución	79
3.4.2 Análisis de costo situación actual versus nueva distribución	80
4 Conclusión.....	81
5 Recomendaciones.....	83
Referencias.....	85
Anexos	89

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Gráficos utilizados en los estudios de métodos.</i>	29
Tabla 2. <i>Simbología utilizada en los cursogramas.</i>	30
Tabla 3. <i>Departamento A, área de recepción de agua.</i>	40
Tabla 4. <i>Departamento B, área pesaje materia prima.</i>	41
Tabla 5. <i>Departamento F, área de estudio.</i>	42
Tabla 6. <i>Departamento C, área de mezclado de materia prima.</i>	43
Tabla 7. <i>Departamento D, área de almacenaje de materia prima.</i>	44
Tabla 8. <i>Departamento E, área de pesaje de agua.</i>	45
Tabla 9. <i>Factor maquinaria.</i>	50
Tabla 10. <i>Factor edificio.</i>	52
Tabla 11. <i>Factor servicio.</i>	53
Tabla 12. <i>Porcentaje de suplementos.</i>	55
Tabla 13. <i>Distribución de los departamentos.</i>	58
Tabla 14. <i>Matriz de flujos anuales (en metros).</i>	59
Tabla 15. <i>Matriz de costos por viajes (en pesos).</i>	59
Tabla 16. <i>Matriz de distancias recorridas (en metros).</i>	60
Tabla 17. <i>Costo total d la distribución (en pesos).</i>	61
Tabla 18. <i>Intercambios D-E (en pesos).</i>	71
Tabla 19. <i>Intercambio C-B (en pesos).</i>	71
Tabla 20. <i>Intercambio E-B (en pesos).</i>	72
Tabla 21. <i>Nuevos centroides (en metros).</i>	73
Tabla 22. <i>Nueva matriz de recorridos (en metros).</i>	73
Tabla 23. <i>Nueva matriz de costos (en pesos).</i>	73
Tabla 24. <i>Nueva interacción A-C (en pesos).</i>	74
Tabla 25. <i>Nueva interacción B-D (en pesos).</i>	74
Tabla 26. <i>Interacción E-D (en pesos).</i>	75
Tabla 27. <i>Costo distribución actual (en pesos).</i>	79
Tabla 28. <i>Costo distribución propuesta (en pesos).</i>	79
Tabla 29. <i>Análisis de costo situación actual versus nueva distribución (en pesos).</i>	80

Lista de figuras

Figura 1. <i>Distribución por posición fija</i>	22
Figura 2. <i>Distribución por proceso</i>	23
Figura 3. <i>Distribución por producto</i>	24
Figura 4. <i>Principales escalas de valoración</i>	32
Figura 5. <i>Requisitos generales de las pinturas al agua tipo emulsión</i>	35
Figura 6. <i>Requisitos específicos para pinturas al agua tipo emulsión</i>	36
Figura 7. <i>Requisitos de las pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia</i>	38
Figura 8. <i>Imágenes del laboratorio materiales compuesto en 3D</i>	46
Figura 9. <i>Plano laboratorio de materiales</i>	47
Figura 10. <i>Estudio de tiempos actual de la preparación de la materia prima</i>	55
Figura 11. <i>Estudio de tiempos actual con suplemento</i>	56
Figura 12. <i>Diagrama de recorrido actual (en metros)</i>	57
Figura 13. <i>Estudio de tiempos mejorado</i>	63
Figura 14. <i>Suplementos estudio de tiempos mejorado</i>	63
Figura 15. <i>Nota: diagrama de recorrido mejorado</i>	69
Figura 16. <i>Nueva distribución método /</i>	76
Figura 17. <i>Vista superior propuesta de la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB</i>	77
Figura 18. <i>Vistas propuesta de la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB</i>	78
Figura 19. <i>Preparación TPF</i>	92
Figura 20. <i>Preparación de Nonil</i>	92
Figura 21. <i>Preparación de titanio</i>	93
Figura 22. <i>Preparación dispersante</i>	93
Figura 23. <i>Preparación Dietilen</i>	94
Figura 24. <i>Preparación carbonato</i>	94
Figura 25. <i>Preparación talco</i>	95
Figura 26. <i>Preparación Nopco</i>	95
Figura 27. <i>Preparación acronal</i>	96
Figura 28. <i>Preparación cellozice</i>	96
Figura 29. <i>Preparación calcinada</i>	97
Figura 30. <i>Preparación acronal</i>	97
Figura 31. <i>Cursograma analítico</i>	99
Figura 32. <i>Preparación mejorada TPF</i>	100
Figura 33. <i>Preparación mejorada Nonil</i>	100
Figura 34. <i>Preparación mejorada de titanio</i>	101
Figura 35. <i>Preparación mejorada dispersante</i>	101
Figura 36. <i>Preparación mejorado Dietilen</i>	102
Figura 37. <i>Preparación mejorada carbonato</i>	102
Figura 38. <i>Preparación mejorada talco</i>	103
Figura 39. <i>Preparación mejorada Nopco</i>	103
Figura 40. <i>Preparación mejorada acronal</i>	104
Figura 41. <i>Preparación mejorada calcinada</i>	104
Figura 42. <i>Preparación mejorada cellozice</i>	105
Figura 43. <i>Preparación mejorada bactericida</i>	105

Lista de gráficos

<i>Grafico 1.</i> Comparativo del desplazamiento hasta los estantes de MP	64
<i>Grafico 2.</i> Comparativo de tomar el material	65
<i>Grafico 3.</i> Comparativo de llevar MP a la balanza.....	65
<i>Grafico 4.</i> Comparativo de pesar materia prima.....	66
<i>Grafico 5.</i> Comparativo de llevar MP al mesón	66
<i>Grafico 6.</i> Actividades para la preparación de la materia prima	67
<i>Grafico 7.</i> Comparativo de esperas del proceso de preparación de MP	68
<i>Grafico 8.</i> Comparación general de los procesos	70
<i>Grafico 9.</i> Comparación de costos de la distribución	80

Introducción

La distribución en planta tiene como finalidad hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo con el fin de disminuir factores como movimientos y desplazamientos, ya que estos son directamente proporcionales a los costos, logrando una optimización en el tiempo de producción (Aguirre, 2016).

La estructura de este proyecto está dividida en tres capítulos, en donde se realizan diferentes estudios y análisis que nos permitirán proponer un modelo de redistribución de planta para el laboratorio de materiales compuestos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” (ENSB), con el fin de optimizar espacio, que a su vez minimiza las distancias de recorrido y reduce costos. Basándonos en los análisis previamente mencionados se procederá a determinar cuál es la distribución que garantiza la reducción de costos.

En el capítulo I, se presentan las generalidades del proyecto, el marco teórico donde se exponen los antecedentes y las consideraciones teóricas del tema de investigación.

En el capítulo II, se plantea el problema tomado como caso de estudio, los objetivos del proyecto y la descripción del estudio de métodos y tiempos. Esto con base en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación.

En el capítulo III, se muestran los resultados obtenidos en el estudio de métodos y tiempos realizado, adicionalmente, a través del método heurístico CRAFT se busca diseñar una propuesta para la redistribución del laboratorio de materiales compuestos en la ENSB. Este programa computarizado tiene como objetivo reducir al mínimo el costo total de transporte de una distribución. Es un algoritmo de mejora que comienza con una disposición inicial y procede a mejorar el diseño intercambiando los departamentos de pares, para reducir el costo total de transporte de material. Este a su vez, nos muestra el diseño óptimo que

reduce el costo anual del proceso en comparación al actual. Se presenta el análisis de costo y se realiza una comparación del costo de la distribución actual versus la mejorada. Este análisis se hace con la finalidad de determinar cuál es la mejor distribución del laboratorio de materiales que garantice una producción eficiente.

Capítulo 1. Consideraciones Generales

1.1 Planteamiento del problema

En la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, se forman y capacitan personas para ser los futuros marinos de la Armada Nacional, que sirven en diversas especialidades en su condición de Suboficiales Navales.

Actualmente para la institución se destina un presupuesto para el área de mantenimiento que ha ido aumentando a través de los años, es por esto que la ENSB a través de sus grupos de investigación busca dar soluciones a las necesidades que tiene la escuela. Una de ellas es la de disminuir costos en el mantenimiento de la infraestructura de la institución en el que se requiere pintar las edificaciones externas e internas con pintura vinilo tipo I, la cual es adquirida en el mercado a través de créditos con proveedores ocasionando un incremento en el presupuesto anual, es por esto que la institución decide producir su propia pintura.

La ENSB cuenta con un laboratorio donde se lleva a cabo el proceso de producción de pintura; este no posee las dimensiones para tener la distribución adecuada de la maquinaria y la materia prima utilizada en la producción, dificultando la movilidad del operario ocasionando desperdicios de material, pérdida de tiempo y recorridos más largos.

En el proceso de producción de pintura interviene 1 operario que tiene 4 funciones:

- Realizar los pesajes de los materiales con que se elabora la pintura, este proceso no tiene el debido control en la cantidad de materiales muchas veces se agrega más de lo estipulado para la producción que se requiere.
- Adicionar la materia prima a la máquina mezcladora, no está estipulado el tiempo exacto en el que se debe adicionar el material.

- Envasar el producto final, esta operación se realiza de manera manual, con ayuda de un recipiente plástico el operario saca la pintura de la mezcladora y la envasa ocasionando desperdicios del producto terminado.
- Realizar el lavado de la máquina, el operario con ayuda de un recipiente adiciona agua a la mezcladora y con una espátula quita los restos de pintura.
- El producto final es dejado en el laboratorio hasta que sea entregado a la persona que solicitó el producto.

A raíz de esto se ha planteado la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo debería ser la distribución adecuada del laboratorio de la ENSB para que garantice la disminución de costos en la producción de pintura utilizada para los mantenimientos de la infraestructura?

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Proponer una distribución en planta del laboratorio de materiales de la ENSB, con el fin de reducir costos anuales en la pintura utilizada en los mantenimientos de la institución.

1.2.2 Específicos:

- Diagnosticar la situación actual del proceso y de la distribución del laboratorio como base para la estimación de la proyección.
- Realizar una propuesta de asignación relativa de Instalaciones computarizada (CRAFT) como alternativa de distribución para el laboratorio de la ENSB.
- Realizar un análisis comparativo de los costos de la actual distribución versus el costo de la nueva distribución.

1.3 Justificación

“La distribución en planta está asociada con la disposición de las máquinas, las estaciones de trabajo, los departamentos, las zonas de almacenamiento, los corredores y las áreas en común dentro del establecimiento productivo propuesto o ya existente. La finalidad primordial de la distribución en planta radica en estructurar estos elementos de manera que se garantice la fluidez del flujo de trabajo, materiales, persona e información por medio del sistema productivo” (López, 2017). También, se quiere hallar con esto una organización de las áreas de trabajo y equipo, de forma más económica para el trabajo, avalando la seguridad y satisfacción de los empleados.

Este proyecto de grado pretende generar una propuesta de cómo debería ser la distribución de planta del laboratorio de materiales de la ENSB, que permita optimizar la disposición de elementos en el área de producción, enfocándose en elementos tales como máquinas, recursos humanos y materiales, haciendo que la propuesta realizada incremente los niveles de eficiencia y reduzca los costos en la compra de pinturas con los que se realizan los mantenimientos de la infraestructura de la institución.

Los impactos que pueden producirse a través de este estudio son: la estandarización del proceso, optimización de los recursos y una nueva distribución del área de trabajo.

1.4 Metodología propuesta

La metodología propuesta para el desarrollo de este proyecto se divide en 3 fases cada una de ellas con diferentes actividades que ayudaran al cumplimiento del objetivo.

Fase 1. Diagnóstico de la situación actual de proceso y de la distribución del laboratorio

En esta fase, se describe la distribución actual del laboratorio, se desarrolla una breve explicación de cómo está conformado y en qué condiciones físicas se encuentra, luego se realiza un diagrama de la distribución del laboratorio. Después se procede a observar como es el proceso de producción de pintura vinilo tipo I para realizar la descripción del proceso (metodología, materiales, maquinaria). Una vez terminado, se elabora un diagrama de flujo y recorrido del proceso y se proponen las mejoras para la producción.

Fase 2. Propuesta de nueva distribución

En esta fase se muestra la implementación del método CRAFT y un software llamado IIE Microcraft, para generar la distribución propuesta.

Fase 3. Análisis de costos

En esta etapa, se llevan a cabo los siguientes análisis: costos actuales generados por la presente distribución y costos generados por la distribución propuesta, para efectuar la respectiva comparación entre ambas.

1.5 Marco teórico

Para contextualizar y dar sustento a la temática de este proyecto de investigación fue necesario analizar conceptos relevantes para comprender más el por qué es tan importante tener distribuciones adecuadas para nuestros procesos. De igual manera fue necesaria la revisión y análisis de los trabajos desarrollados en esta área con el fin de orientar el desarrollo del estudio. A continuación se describen los conceptos y teorías relacionados con el tema de la investigación y son la base para el diseño del estudio.

1.5.1 Distribución en planta

En el texto distribución en planta de Richard Muther se define la distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio, como el equipo de trabajo y personal del taller (Muther, 1970).

1.5.2 Ventajas de una eficiente distribución en planta.

Una buena distribución en planta nos ayuda a reducir riesgos en la salud y aumentar la seguridad de los trabajadores, también eleva la moral de los operarios haciendo su trabajo más satisfactorio, ayudando así el incremento de la producción y la disminución de los retrasos de la producción, esto permite acortar el tiempo de fabricación de los productos, reduce el manejo de materiales, material en proceso, trabajo administrativo y trabajo indirecto. Ayuda a disminuir las demoras, los movimientos innecesarios y los transportes (Muther, 1970).

1.6 Tipos de distribución en planta

De acuerdo a lo investigado en los textos de distribución en planta y análisis de la producción de las operaciones, se distinguen 4 tipos de distribución en planta: posición fija, por procesos, por producto y por células o híbridas (Muther, 1970); (Nahmias, 2007).

1.6.1 Distribución por posición fija

Esta distribución se da si el producto que se va a fabricar no se puede mover, ya sea por su tamaño, peso, forma, volumen. En caso de que se quiera mover el material de un lugar a otro es necesario considerar los costos y encontrar la mejor estrategia para minimizarlos. “En este tipo de distribución el producto permanece en su lugar, por lo cual el equipo de empleados de manufactura, junto con sus herramientas y sus materiales complementarios, acuden hasta donde está el producto para trabajar con él” (Muther, 1970).



Figura 1. *Distribución por posición fija/ tomado de (Genanio, 2011).*

1.6.1.1 Ventajas de la distribución por posición fija

Este tipo de distribución es más flexible y que no requiere una ingeniería muy organizada ni costos, permite cambios en el producto o diseño y en la secuencia de las operaciones (Nahmias, 2007).

1.6.1.2 Desventajas de la distribución por posición fija

Esta distribución ocupa mucho espacio, afectan la movilidad de los equipos que deben desplazarse hasta de la fábrica (Nahmias, 2007).

1.6.2 Distribución por proceso o función

Esta distribución es la más común para empresas de pequeño a medio volumen. Este tipo de distribución agrupa máquinas que tienen funciones parecidas. Las distribuciones de procesos son muy efectivas cuando hay una amplia variación en la mezcla del producto (Nahmias, 2007).

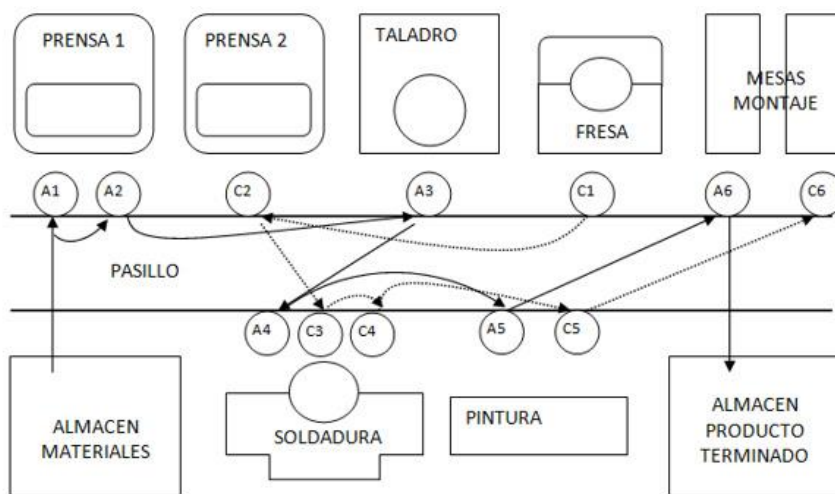


Figura 2. Distribución por procesos/tomado de (Cod, 2011).

1.6.2.1 Ventajas de la distribución por procesos

Esta distribución minimiza el tiempo muerto de máquinas, facilita la utilización de los recursos críticos y su desorganización es mínima, reduce los costos debido a que no se requiere mucha inversión en equipos de trabajo (Nahmias, 2007).

1.6.2.2 Desventajas de la distribución por procesos

Esta distribución tiene dificultades a la hora de diseñar rutas y los programas de trabajo, también es difícil la organización de la maquinaria, hay aumento en el costo total de

fabricación debido a la movilidad que sufre el material de un lado a otro, su inventario es mayor para así evitar paradas en el proceso productivo (Muther, 1970).

1.6.3 Distribución por producto

En una distribución por productos (o distribución de flujo de productos) las máquinas están organizadas para conformar la secuencia de operaciones requeridas para generar el producto. La distribución de productos es típica en la producción estandarizada de alto volumen (Nahmias, 2007).

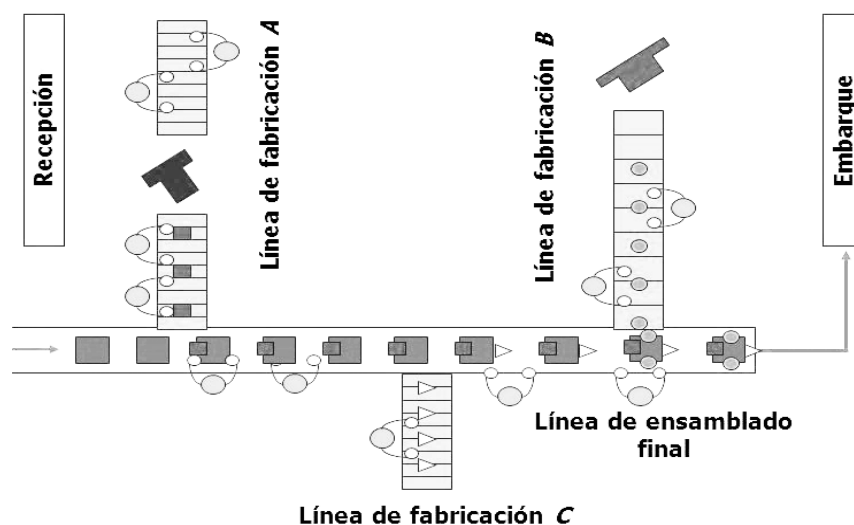


Figura 3. Distribución por producto/ tomado de (Aguirre, 2016).

1.6.3.1 Ventajas y desventajas de la distribución por productos

Este tipo de distribución son convenientes para producción en masa, sus tiempos y ciclos son más rápidos; pero son costosas y con poca flexibilidad a la hora de hacer cambios en el flujo del producto (Nahmias, 2007).

1.6.4 Distribución basada en tecnología de grupos

En la distribución por tecnología de grupos las máquinas se agrupan en células de máquinas donde cada célula corresponde a una familia específica de partes o a un grupo

pequeño de familias de partes. El concepto de tecnologías de grupos parece ser el más adecuado para empresas grandes que producen una amplia variedad de parte (Nahmias, 2007).

1.6.4.1 Ventajas de la distribución por tecnología de grupos

En esta distribución encontramos inventarios reducidos de trabajo en proceso, los tiempos de montaje son menores y hay una mejor programación (Nahmias, 2007).

1.6.4.2 Desventajas de la distribución por tecnologías de grupos

Esta distribución requiere un mejor análisis del flujo de la producción y es difícil determinar la familia de partes adecuadas (Nahmias, 2007).

1.6.5 Factores que afectan la distribución en planta

En el texto planeación, diseño y layout de instalaciones mencionan los factores que influyen en la distribución en planta estos se dividen en 8 grupos: material, maquinaria, hombre, movimiento, espera, servicio, edificio y cambio (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.1 Factor material

Se considera el factor más importante en una distribución en planta, ya que sin él no se obtendría la base para conocer cuáles son las características que debe tener la distribución en planta para una mejor utilización del mismo. Este factor incluye aspectos tales como material entrante, en proceso y saliente, piezas rechazadas a recuperar o repetir, chatarras, virutas, desperdicios o desechos y material para mantenimiento (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.2 Factor maquinaria

Este factor incluye todas las herramientas y equipos necesarios para la conformación de la planta. Los elementos incluidos en este factor son la maquinaria de producción, equipos de proceso y manejo de materiales, herramientas, moldes, plantillas, aparatos de medición,

comprobación y pruebas, maquinaria averiada y las herramientas manuales (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.3 Factor hombre

Se considera el hombre mucho más flexible que cualquier material o maquinaria, debido a que se puede trasladar, capacitar en actividades diversas y adaptar a distintas tareas. Además, es factible dividir o repartir su trabajo. Algunos puntos importantes que se deben evitar con relación al factor hombre son las condiciones de trabajo poco seguras o elevadas proporción de accidentes, áreas que no se ajustan a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios, quejas acerca de condiciones de trabajo incómodas, excesiva rotación de personal, obreros de pie u ociosos durante gran parte de su tiempo (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.4 Factor movimiento

Este factor es muy importante para la reducción de costos de producción, pues permite que los trabajadores se especialicen en las operaciones y no en el traslado de materiales. Se debe reducir el retroceso y cruce en la circulación, además de establecer una dirección única de materiales, cuidar que los pasillos sean rectos, despejados, anchos, con espacio para el movimiento, reducir el manejo innecesario, a fin de establecer la distancia más corta, analizar la secuencia o ruta de operaciones para mejorar los movimientos de material, reducir el tiempo invertido en recoger y dejar material o piezas fuera del área asignada, disminuir los traslados de larga distancia y demasiado frecuentes (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.5 Factor espera

Los materiales en el almacén o en las estaciones de producción están en espera de ser trasladados a la siguiente operación. Esta demora genera costos que se pueden evitar, por tanto es importante evitar situaciones como grandes cantidades de almacenamiento de toda

clase, demasiadas pilas de materiales en espera de proceso, congestión en zonas de almacenes, confusión en áreas de recepción y embarque (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.6 Factor servicio

Se consideran servicios todas las actividades, los elementos y el personal que sirven y auxilian a la producción. Los servicios se mantienen y conservan (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.7 Factor edificio

Este factor incluye los aspectos de la infraestructura tanto de interiores como de exteriores de la misma, distribución y equipo. “El edificio es la infraestructura que cubre a los operarios, materiales, maquinaria y actividades auxiliares, siendo también una parte integrante de la Distribución de Planta” (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.5.8 Factor cambios

Unos de los objetivos de la Distribución de Planta es lograr su flexibilidad ante cambios de volúmenes de producción. Para ello es necesario prever las variaciones futuras para evitar posibles cambios en los restantes factores, para evitar que lleguen a transformar una Distribución de Planta eficiente, en otra que merme beneficios potenciales. Por consiguiente es necesario buscar una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites establecidos (Platas & Cervantes, 2014).

1.6.6 Como planear la distribución

Muñoz dentro de su trabajo de investigación expone que “el planteamiento sistémico de la distribución, es una forma racional y organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases o niveles que a la vez constan de una serie de procedimientos o pasos, para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación. Este método puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicios, almacén u operaciones manufactureras y es igualmente

aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes” (Muñoz, 2004).

La distribución en planta deberá incluir planteamiento claro del problema o tarea, hechos que puedan ser medidos, análisis objetivo que nos conduzca a una decisión, acción para conseguir la aprobación e instalación, seguimiento y comprobación (Muther, 1970)

En el artículo Facility Layout Planning: A Review dice que el objetivo de la planificación del diseño de la planta es un flujo de trabajo más efectivo en la instalación, lo que permite que los trabajadores y el equipo sean más productivos. El diseño de las instalaciones es una disposición sistemática y funcional de diferentes departamentos, máquinas, equipos y servicios en una industria manufacturera. Es esencial contar con un diseño de planta bien desarrollado para todos los recursos disponibles de manera óptima y aprovechar al máximo la capacidad de las instalaciones (Varinder Khurana & Khurana, 2015).

1.7 Estudio de métodos y tiempos

1.7.1 Estudio de métodos

La OIT define el estudio de métodos como “el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar las actividades, con el fin de efectuar mejoras (Oficina internacional del trabajo, 1996).

1.7.1.1 *Paso para el estudio de métodos*

la OIT enuncia una serie de pasos que garantizan un buen estudio de métodos, lo primero que se debe realizar es la selección del trabajo que se va a estudiar y definir sus límites, para después a través de una observación directa se registren los hechos más relevantes relacionados con el trabajo, se debe realizar de forma crítica el modo en que se realiza el trabajo, su propósito, el lugar, la secuencia y los métodos utilizados, luego se evalúan y se

definen las diferentes opciones para así poder establecer un nuevo método que mejore los costos. Este método es presentado a todas las personas interesadas para luego ser implantado y controlado (Oficina internacional del trabajo, 1996).

1.7.2 Gráficos utilizados en los estudios de métodos

Tabla 1.

Gráficos utilizados en los estudios de métodos.

GRÁFICOS	Que indican la SUCESIÓN de los hechos
	Cursograma sinóptico del proceso
	Cursograma analítico del proceso
	Cursograma analítico del material
	Cursograma analítico del equipo o maquinaria
	Diagrama bimanual
	Cursograma administrativo
GRÁFICOS	Con ESCALA DE TIEMPO
	Diagrama de actividad múltiples
	Simograma
DIAGRAMAS	Que indican MOVIMIENTO
	Diagrama de recorrido o de circuito
	Diagrama de hilos
	Ciclograma
	Cronociclograma
	Gráfico de trayectoria

Nota: tomado de la OIT

1.7.2.1 Simbología utilizada para los cursogramas

Para representar todos los tipos de actividades de cualquier fabrica u oficina, se emplean cinco símbolos de los cuales las dos actividades principales de un proceso son la operación y la inspección (Oficina internacional del trabajo, 1996).

Tabla 2.

Simbología utilizada en los cursogramas.

Símbolo	Descripción
○	Operación: indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
□	Inspección: indica inspección de la calidad y/o la verificación de la cantidad.
⇒	Transporte: indica movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.
D	Espera: indica demora en el desarrollo de los hechos.
▽	Almacenamiento: indica depósito de un objeto bajo la vigilancia en un almacén donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

nota: tomado de la OIT

1.7.3 Estudio de tiempos

Se emplea para llevar registro de tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea determinada y para analizar cada uno de los datos, con el fin de averiguar el tiempo requerido para realizar una tarea (Oficina internacional del trabajo, 1996).

Los materiales fundamentales para la realización del estudio de tiempo son: cronometro, tablero de observaciones, formularios de estudio de tiempos (Oficina internacional del trabajo, 1996).

1.7.3.1 *Etapas del estudio de tiempos*

El estudio de tiempos suele constar de las 8 etapas que determinan el tiempo propio de cada operación, primero se debe obtener y registrar toda la información de la tarea que realiza el operario y de las condiciones que influyen en la ejecución del trabajo, segundo se descompone la tarea en elementos, después se tiene que verificar si se está utilizando los mejores métodos movimientos y se determina el tamaño de la muestra, con la ayuda del cronometro se toman los tiempos invertidos por el operario en llevar a cabo cada una de las

actividades de la operación, se determina la velocidad del trabajo, se debe convertir los tiempos a básicos y se determinan los suplementos que añadirán al tiempo de la operación y por último se determina el tiempo tipo de la operación (Oficina internacional del trabajo, 1996).

1.7.4 Valoración tiempo de trabajo

1.7.4.1 Trabajador calificado:

La OIT dice que el trabajador calificado es el que tiene experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactoria de seguridad, cantidad y calidad (Oficina internacional del trabajo, 1996).

1.7.4.2 Objeto de la valoración:

Según la OIT la valoración tiene por fin determinar, a partir del tiempo que invierte realmente el operario observado, cual es el tiempo tipo que el trabajador calificado medio puede mantener y que sirva de base realista para la planificación, el control y los sistemas de primas (Oficina internacional del trabajo, 1996).

- Escala de valoración: actualmente se utilizan varias escalas de valoración, pero las más corrientes son la 100-133, la 60-80, la 75-100 y la norma británica 0-100, que es la más empleada (Oficina internacional del trabajo, 1996); (Freivalds, 2013).

Escala				Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable	
60-80	75-100	100-133	0-100 Norma Británica		(mi/h)	(km/h)
0	0	0	0	Actividad nula		
40	50	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	2	3,2
60	75	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan	3	4,8
80	100	133	100 (Ritmo tipo)	Activo, capaz, como de obrero calificado medio, pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado	4	6,4
100	125	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero calificado medio	5	8
120	150	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de dudar por largos períodos; actuación de "virtuosos", sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	6	9,6

Figura 4. Principales escalas de valoración.

1.7.4.3 Suplementos

- Suplementos por descanso: Es el que se añade al tiempo básico para que el trabajador tenga posibilidades de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por el trabajo que está ejecutando en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales (Oficina internacional del trabajo, 1996);(Freivalds, 2013).
- Suplementos por contingencias: hace referencia al pequeño margen que se incluye en el tiempo tipo para prever legítimos añadidos de trabajo o demora que no compensa medir exactamente porque aparecen sin frecuencia ni regularidad (Oficina internacional del trabajo, 1996);(Freivalds, 2013).
- Suplementos por razones políticas de la empresa: es una cantidad, no ligada a las primas, que se añade al tiempo tipo para que en circunstancias excepcionales, a un nivel definido de desempeño corresponda un nivel satisfactorio de ganancias (Oficina internacional del trabajo, 1996); (Freivalds, 2013).

1.8 Método CRAFT (Computer Relative Allocation of Facilities Technique).

El artículo Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución, publicado por la universidad de Pereira define este método como un modelo presentado por Armour y Buffa en 1963, inicia con la determinación de los costos de las instalaciones y la determinación del centroides de cada una de las áreas, luego evalúan todas las posibles ubicaciones de las áreas que pueden ser adyacentes entre sí o ser del mismo departamento. La configuración de las áreas que resulte de menor costo es la elegida. Este procedimiento se repite hasta cuando no existe una combinación de ubicaciones que resulte de menor costo que la actual. Esta técnica puede manejar solo cuarenta instalaciones y funciona mejor cuando las áreas de las instalaciones son de áreas disimiles (Universidad Tecnológica de Pereira., Wilches, V, & Montenegro, 2011)

De acuerdo a las investigaciones realizadas, el método Craft es un programa empleado para mejorar distribuciones. Puede operar hasta 40 departamentos. Su sigla CRAFT significa Computerized Relative Allocation of Facilities o Asignación Relativa Computarizada de Instalaciones. Tiene como finalidad minimizar el costo total de transporte de una distribución. Coronado en su blog Jaracohe nos muestra un informe de métodos para distribución en planta donde explica que "El costo de transporte es el resultado de la suma de todos los elementos de una matriz de flujos (matriz desde – hacia cada departamento), multiplicado por la distancia y el costo por unidad de distancia recorrida de un departamento a otro. La función del costo de transporte puede cambiarse por cualquier otra función que represente el costo de una “relación” entre cualquier par de departamentos” (Coronado & Mejía, 2007).

El costo de transporte se explica como el costo de mover una carga unitaria del departamento i al departamento j , por la distancia entre los departamentos i y j . Este costo se determina a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n y_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

Dónde:

n : Cantidad de departamentos

v_{ij} : Cantidad unitaria de cargas que se mueven del departamento **i** al **j**

u_{ij} : Costo de mover una carga unitaria del departamento **i** al **j**

d_{ij} : Distancia que separa los departamentos **i** y **j** , están dadas por la métrica rectilínea.

De manera que **$y_{ij} = v_{ij} * u_{ij}$** es el costo del flujo de **i** a **j** (Coronado & Mejía, 2007).

1.9 Normativas en la fabricación de pintura al agua

1.9.1 Norma Técnica Colombiana NTC 1335: Pinturas al agua tipo emulsión.

La norma técnica colombiana NTC 1335, tiene como propósito establecer los requerimientos que deben cumplir las pinturas al agua tipo emulsión (blancas y de color), las cuales son utilizadas para el recubrimiento de superficies buscando la protección del material y estética (ICONTEC, 2015)

Esta norma clasifica la pintura en tres tipos, la pintura tipo 1 es sugerida para interiores y exteriores; la tipo 2, es recomendada para interiores y por último la tipo 3 esta se recomienda ser utilizada para áreas que no estén expuestas al sol ni al agua (ICONTEC, 2015).

En cuanto a los recipientes en donde se envasa la pintura, estos no deben tener hendiduras en la lata y deben permanecer en buenas condiciones de almacenamiento, para evitar que la pintura se seque y la formación de sedimentos duros. También se tiene que tener en cuenta el olor de la pintura, esta no debe presentar olor fétido en el periodo de un

año después de la fecha de elaboración, se recomienda de que en caso de que se presente algún sedimento solo se debe agitar la pintura y esta debe quedar homogénea (ICONTEC, 2015).

De acuerdo con la Norma técnica Colombiana NTC 6108, este tipo de pinturas deben cumplir los siguientes requerimientos:

Características	Requisitos
Piel (nata)	Ausencia
Gelación	Ausencia
Sinéresis	Ausencia o, en caso de presencia, que sea de fácil incorporación
Sedimentación	Mínimo 8
Viscosidad	No aplica 1
¹ Al momento de ratificación de esta norma no hay un estudio concluyente que permita definir un rango de variación y que contemple todos los tipos de pinturas y sus diferentes naturalezas químicas.	

Figura 5. *Requisitos generales de las pinturas al agua tipo emulsión/Tomado de la normativa en la fabricación de pinturas al agua*

Esta norma también hace énfasis en algunos metales pesados, que no son permitidos para usarlos como sustancias entre los cuales están: cromo VI, cadmio, plomo, mercurio, arsénico. Enfatiza solo el uso de trazas en los componentes, hasta un 0,01 % (m/m) de estos metales originados de los sedimentos de las materias primas. Cabe aclarar que no debe sobrepasar la densidad de los metales y la suma de estos no debe superar 100 partes por millón (0,01 % en peso)” (ICONTEC, 2015).

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), indica que los productos que se encuentran clasificados como peligrosos, en la etiqueta debe haber alguna señal que indique peligro según el grado correspondiente y debe especificar en las indicaciones cuales son las sustancias que

representan toxicidad (ICONTEC, 2015).

- **Requisitos específicos**

En la tabla 5 se mencionan los requisitos que deben cumplir las pinturas al agua tipo emulsión

IMPORTANTE: Las pruebas se realizan al producto sin diluir.

Requisitos	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Propiedades del producto en húmedo (líquido y en aplicación)			
Contenido de sólidos, fracción en volumen, en %, mín.	35	32	30
Finura de dispersión, en unidades Hegman, mín.	4	4	3
Tiempo de secamiento para repintar, en horas, máx.	4	4	4
Propiedades de la película seca			
Poder cubriente, relación de contraste, % mín. Véase Nota 2	96	97	97
Requisitos	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
Propiedades de la película seca			
Resistencia a la abrasión húmeda con cuña y medio abrasivo estándar, en ciclos, mín.	400	50	NA
Remoción de manchas, mín.	80% (véase Nota 1)	50% (Véase Nota 1)	NA
Resistencia al agua	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista a las 4 h de exposición	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista a las 4 h de exposición	NA
Resistencia al álcali	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista a las 4 h de exposición	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista a las 4 h de exposición	NA
Entizamiento	No debe presentar	No debe presentar	No debe presentar
Resistencia al cuarteamiento a alto espesor (Mudcracking a 50 mils)	No debe presentar	NA	NA
NA: No es aplicable NOTA 1 El 100 % corresponde a un total de 60 puntos, obtenidos de la sumatoria de la máxima calificación de cada uno de los seis agentes enmugrantes, de acuerdo con la NTC 799. El 80% equivale a una sumatoria de 48 puntos, y el 50 % a una sumatoria de 30 puntos. NOTA 2 No aplica para pinturas preparadas a partir de bases acentuadas (<i>Accent</i> o <i>Clear</i>) y tinturadas con pigmentos orgánicos de bajo poder cubriente.			

Figura 6. *Requisitos específicos para pinturas al agua tipo emulsión /tomado de la norma (ICONTEC, 2015).*

10.1.2 Norma Técnica Colombiana NTC 5828: Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia.

La norma técnica colombiana NTC 5828, tiene como propósito establecer los requerimientos que deben cumplir las pinturas al agua tipo emulsión para exterior de alta resistencia (pinturas tipo I), las cuales son utilizadas para el recubrimiento de superficies exteriores buscando la protección del material y estética (ICONTEC, 2011).

Esta norma no incluye pinturas utilizadas para techos, terrazas ni impermeabilización. Tampoco aplica para revestimientos utilizados en acabados. Estos se encuentran mencionados en otra norma (ICONTEC, 2011).

- Requisitos específicos**

Esta norma indica que “Las pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia deben cumplir con los requisitos específicos indicados en la Tabla 6” (ICONTEC, 2011).

Característica	Especificación		
Propiedades del producto antes de la aplicación			
	Valor	Método	
Viscosidad a 25°C	Acuerdo entre las partes (Véase el Anexo A (Informativo))	NTC 559 (ASTM D562), o en la ASTM D4287	
Contenido de sólidos de pinturas al agua tipo emulsión, fracción de volumen en %, mín	35	NTC 1786	
Contenido de sólidos en bases sin colorear, fracción en volumen, en %, mín	32	ASTM D2697	
ISO 23811			
Propiedades de la película seca			
Intemperismo artificial, (Ensayo tipo, véanse, la Nota 2, el numeral 7.4.2 y el Anexo B (Informativo))	Característica por evaluar después de la intemperie	Valor	Método
	Retención del color	máx $\Delta E^*=4$	ASTM D2244 ISO 7724-3 ISO 3668
	Ampollamiento de la pintura base utilizada	10	NTC 1457-3 (ASTM D714)
		0	ISO 4628-2
	Entizamiento o enyesado de la pintura base utilizada	mín 8	NTC 1457-6 (ASTM D4214)
		0,5	ISO 4628-6
	CuarTEAMIENTO superficial (agrietamiento) de la pintura base utilizada	10	NTC 1457-4 (ASTM D661)
		0	ISO 4628-4
	Descamación	10	NTC 1457-1 (ASTM D772)
		0	ISO 4628-5

Característica	Especificación	
Propiedades de la película seca		
	Valor	Método
Adherencia, en X (Ensayo tipo)	4 A	NTC 811 ASTM D3359 ISO 2409
Resistencia al agua	No debe presentar cambios notorios de color, arrugamiento, ampollamiento o cualquier otro defecto visible a simple vista.	NTC 1114 (ASTM D1308)
Hinchamiento al agua evaluado en la pintura base, en % máx.	20	NTC 812 (ASTM D471)
Permeabilidad al vapor de agua evaluado en la pintura base, en perms (véase la Nota 1)	> 1	ASTM D1653
Resistencia a hongos y algas	No debe presentar	NTC 5429 (ASTM G21)
Resistencia a la eflorescencia	Ninguna o leve	ASTM D7072
CuarTEAMIENTO a alto espesor (mudcracking)	No debe presentar	NTC 5032
Poder cubriente, relación de contraste, en % mín (véase la Nota 1)	96	NTC 4974 o en la ISO 6504-3:2006
NOTA 1 No se aplica a las bases profundas (<i>deep</i>), a las bases acentuadas (<i>accent o clear</i>) ni a las bases sin colorantes.		
NOTA 2 Debería hacerse seguimiento al cumplimiento de estos ensayos tipo de acuerdo con el programa establecido por el fabricante para este propósito. Se recomienda hacer las pruebas de intemperismo natural de acuerdo con lo establecido en el numeral 7.4.1 y en el Anexo B (Informativo).		

Figura 7. Requisitos de las pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia/
tomado de la norma (ICONTEC, 2011).

Capítulo 2. Diagnóstico de la situación actual del proceso y de la distribución del laboratorio de materiales

2.1 Distribución actual del Laboratorio de Materiales Compuestos de la ENSB

El laboratorio de materiales está a cargo de un operario el cual se encarga de realizar todo el proceso de elaboración de pintura y de mantener este espacio en óptimas condiciones para su uso.

El tipo de distribución utilizada en la elaboración de esta pintura es por proceso, ya que el material va a través de diferentes departamentos antes de llegar a la máquina Homogenizadora, pero el producto no es elaborado de manera continua, solo se fabrica por pedido solicitado, es decir producción intermitente.

El laboratorio cuenta con un área total de 39 m², a su vez se divide en dos secciones, la primera tiene dimensiones de 6 metros de largo y 5 metros de ancho, para poder tener mejor control de esta áreas se decidió dividir las en tres departamentos en la que se realizan diferentes actividades relacionadas con el proceso de producción de pintura vinilo tipo I.

La segunda sección es más pequeña, con dimensiones de 3 metros de largo y 3,30 metros de ancho, está dividida en tres departamentos.

Tabla 3.

Departamento A, área de recepción de agua.

Departamentos sección 1		
Departamento	Foto	Dimensiones
A. Área de recepción de agua		Largo: 3 metros Ancho: 3 metros

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Tabla 4.

Departamento B, área pesaje materia prima.

Departamentos sección 1		
Departamento	Foto	Dimensiones
B. Área de pesaje de materia prima		Largo: 3 metros Ancho: 3 metros

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Tabla 5.


Departamento F, área de estudio.

Departamentos sección 1		
Departamento	Foto	Dimensiones
F. Área de estudio		Largo: 6 metros Ancho: 2 metros

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Tabla 6.

Departamento C, área de mezclado de materia prima.

Departamentos sección 2		
Departamento	Foto	Dimensiones
C. Área de mezclado de materia prima		Largo: 2 metros Ancho: 2 metros

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores

Tabla 7.

Departamento D, área de almacenaje de materia prima.

Departamentos sección 2		
Departamento	Foto	Dimensiones
D. Área de almacenaje de materia prima		Largo: 1 metro Ancho: 3,30 metros

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores

Tabla 8.

Departamento E, área de pesaje de agua.

Departamentos sección 2		
Departamentos	Foto	Dimensiones
E. Área de pesaje del agua		Largo: 2 metros Ancho: 1 metro

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

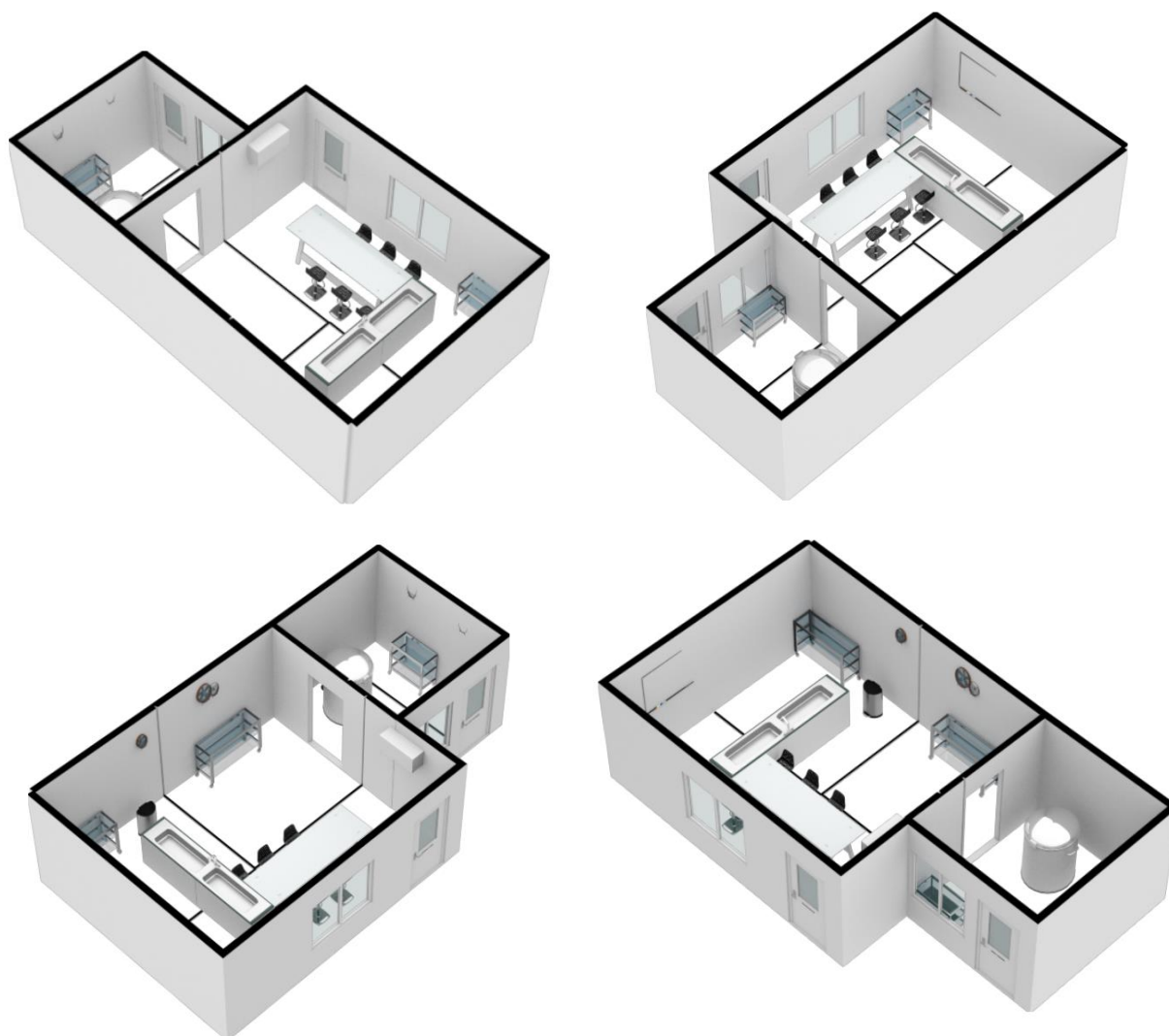


Figura 8. *Imágenes del laboratorio materiales compuesto en 3D/ elaborado por los investigadores.*

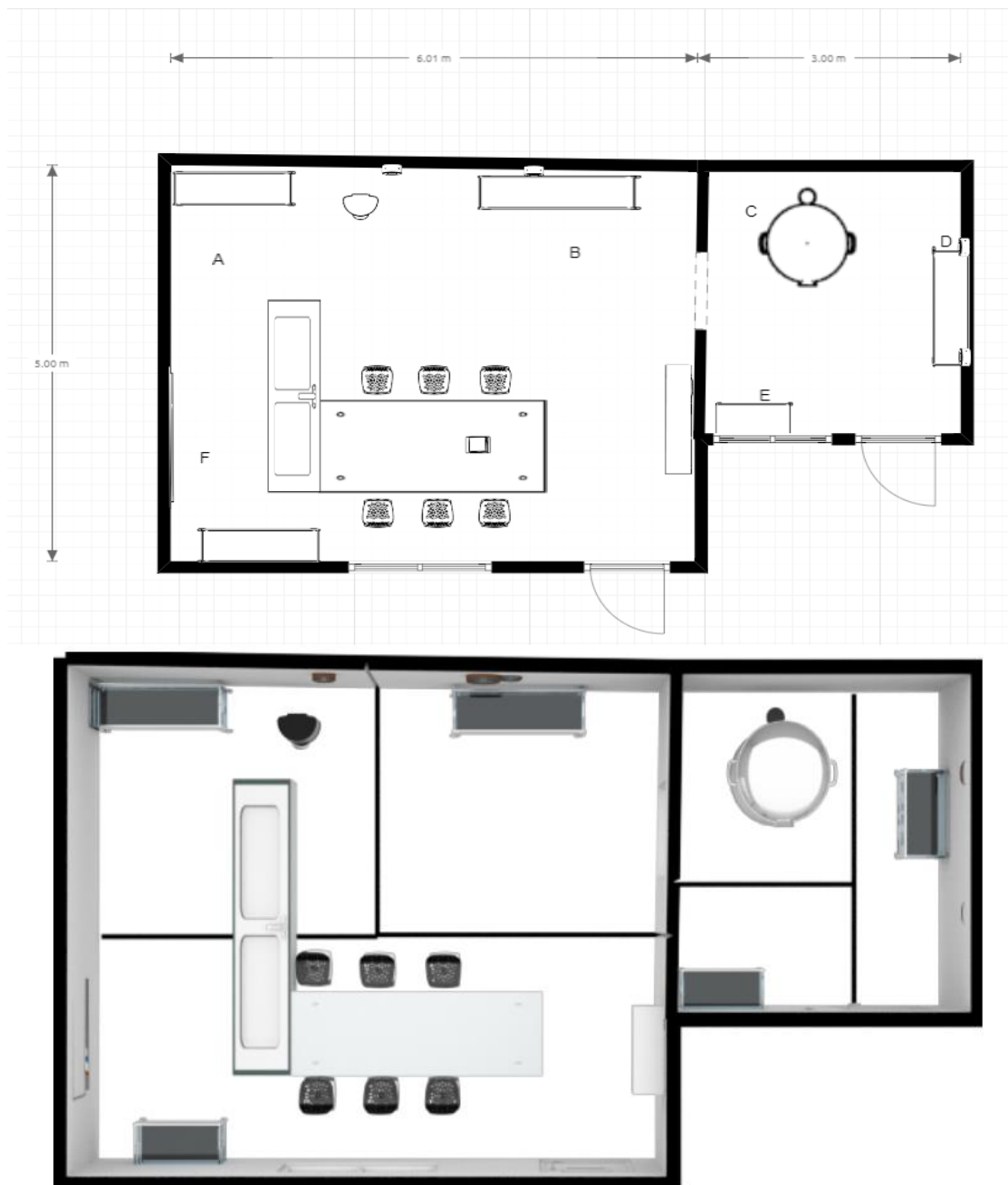


Figura 9. Plano laboratorio de materiales / (Elaboración propia).

2.2 Descripción del proceso productivo y de recursos actuales

Actualmente el proceso de producción de pintura vinilo tipo I en la ENSB se lleva a cabo por un operario. El operario inicia el proceso pesando de manera secuencial cada uno de los materiales y los coloca sobre un mesón, cuando termina de pesar el agua se da inicio al proceso de producción de pintura, ésta es agregada a la máquina Homogenizadora, se enciende la máquina a una velocidad de 300 RPM para luego agregar TPF y en intervalos de 5 minutos se van agregando el Nonil y el Titanio respectivamente, después de agregar este último mencionado se deja mezclar por 30 minutos; en ese tiempo el operario se dedica a pesar los demás materiales: Dispersante, Dietilen, Carbonato, Talco, Nopco, Acronal, Caomin, Celozice y bactericida.

Después de haber pesado estos materiales y ya transcurrido los 30 minutos de mezclado se va agregando cada uno de los materiales en intervalos de 5 minutos por cada uno, cuando se agrega el Acronal se aumenta la velocidad de mezclado a 400 RPM y se continua agregando los últimos tres materiales (Coamin, Celozice y bactericida) y se vuelve a aumentar la velocidad a 600 RPM, para luego dejar mezclar por 30 minutos.

Una vez concluido el proceso de mezclado, el operario apaga la máquina y retira las paletas mezcladoras para iniciar el proceso de envasado, este se realiza de manera manual con ayuda de un recipiente plástico el operario verte el producto terminado en los envases correspondientes (cuñetes) y así ser entregados a quien lo solicitó.

2.3 Análisis de factores

Para el análisis de estos factores se realizó un formato que nos ayudó a determinar cuáles son las falencias dentro del proceso de producción. (Anexo 1).

2.3.1 Factor material

Material de ingreso

La materia prima que ingresa a la escuela llega en canecas, bolsas y galones, en las cantidades necesarias para su producción.

Desperdicios

Se puede observar que materiales como los talcos utilizados en el proceso (carbonatos, dióxido de titanio, silicato) son muy volátiles y al retirar la cantidad requerida para la elaboración de la pintura el operario derrama material.

Con el Acronal, a pesar de que es líquido siempre hay desperdicio de material al sacar la cantidad de material que se va a utilizar.

Envasado del producto final

Este proceso no se hace correctamente, se hace de manera manual y al envasar la pintura se observan constantes derrames.

Material terminado

Este es envasado de manera manual, el operario es quien se encarga de verter con ayuda de un recipiente plástico el producto final, siendo esta la manera menos adecuada para realizar la operación, debido que se contamina el producto.

2.3.2 Factor maquinaria

Para el proceso de producción de pintura la ENSB cuenta con los siguientes equipos:

Tabla 9.

Factor maquinaria.

FACTOR MAQUINARIA				
MAQUINARIA	CANTIDAD	OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FOTO
Balanzas digitales	2	Pesaje de Materia Prima	Estas máquinas funcionan en perfecto estado pero una de ellas está más deteriorada.	
Recipientes	14	Contener el material a pesar	Estos recipientes son botellas recicladas, no siendo estos los adecuados para realizar el proceso.	
Cuñetes	3	Se utilizan para pesar el agua	Están en buen estado	
Homogenizadora	1	Realizar el proceso de mezclado	Está en perfecto estado, pero no está programada para realizar todas sus funciones.	
Durómetro de lápiz	1	Se utiliza para realizar la pruebas de calidad al producto final, con este se determina la dureza.	Está en perfecto estado	
Medidor de espesores	3	Son utilizados en las pruebas de calidad, determinan el espesor.	Está en perfecto estado	

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.3.3 Factor hombre

Actualmente el proceso de producción de pintura es llevado a cabo por un operario, este se encarga de realizar pesajes, tomar medidas, controlar la máquina, supervisar el proceso de la mezcladora.

Se hizo un análisis de las condiciones de trabajo y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Temperatura: A través del Termohigrómetro es posible establecer la temperatura y humedad relativa del lugar. La temperatura del Laboratorio oscila entre 26°C a 28°C.
- Suelo: Las baldosas son de cerámica, tiene antideslizantes pero no en buen estado.
- Polvo: Es abundante
- Vibraciones: Alta
- Olor: Fuerte
- Iluminación: Poca
- Ruido: Alto
- Elementos de protección personal: existen pero no son utilizados.

2.3.4 Factor edificio

Tabla 10.

Factor edificio.

FACTOR EDIFICIO	
ESTRUCTURA	SITUACION ACTUAL
Suelo	Es de material cerámico, actualmente está en buen estado pero sus antideslizantes no se encuentran en las condiciones óptimas que se requieren.
Paredes	Están en buen estado.
Iluminación	El laboratorio está dividido en dos sectores, el primero es el más grande en él se lleva a cabo el proceso de medición y pesaje de la materia prima, cuenta con una buena iluminación, el segundo espacio es más pequeño es donde se encuentra la maquina mezcladora tiene poca iluminación.
Ventilación	Cuenta con 4 extractores distribuidos de la siguiente manera: 2 en el lugar donde se llevan a cabo los pesajes de la materia prima y los otros 2 en el sitio donde se encuentra la maquina mezcladora.

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.3.5 Factor servicio

Tabla 11.

Factor servicio.

FACTOR SERVICIO	
SERVICIOS	ESTADO
Energía	220 V
Agua	Bueno
Alcantarillado	Actualmente se encuentra en mal estado.

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.3.6 Factor espera

Dentro del proceso de producción de pintura vinilo tipo I, se presentan esperas en el proceso de preparación de la materia prima antes de ser agregadas a la máquina Homogenizadora, esto genera tiempo innecesario dentro del proceso.

2.3.7 Factor movimiento

Dentro del proceso se pueden observar recorridos largos, debido a la inadecuada distribución de los espacios del Laboratorio de Materiales Compuestos.

2.4 Estudio de tiempos

En la ENSB la mayoría del proceso de producción de pintura vinilo tipo I, es realizado de manera manual, en él se observan diferentes falencias que desfavorecen el proceso final. Con base en lo anterior, es necesario realizar un estudio de tiempos de las actividades efectuadas para la preparación de la materia.

Para efectuar la toma de tiempos de las operaciones anteriores se inició con la elección del operario idóneo para realizar el estudio. En este caso el proceso es llevado a cabo por un

operario en el que se evaluó que fuera un operario calificado, es decir, que tuviera la experiencia, los conocimientos y habilidades necesarias para efectuar el trabajo. Esta condición es de suma importancia dado que se requiere tiempo para que una persona pueda dominar cualquier operación sin que se presenten titubeos o retrasos durante la ejecución.

Dentro de la operación de preparación de materia prima se descomponen las siguientes tareas:

- Desplazamiento hasta los estantes de materia prima.
- Tomar la materia prima
- Transportar la materia prima hasta la balanza.
- Pesar la materia prima.
- Llevar la materia prima al mesón.

Se realizaron seis observaciones correspondientes al proceso de preparación de materia prima, se tomó esta actividad debido a que es en donde se presentan la gran mayoría de falencias que afectan el proceso de producción de materia prima. (Anexo 2) Se encuentra el formato para estudio de tiempos. También se anexa (anexo 3) los cursogramas de la preparación de cada una de la materia prima utilizada para la producción de pintura.

A continuación se presentan los tiempos correspondientes a cada una de las actividades:

Estudio de tiempos: Ciclo breve											
Departamento: Laboratorio de materiales compuestos			Sección:				Estudio núm: 1				
							Hoja núm: 1				
Operación: Preparación de Materia Prima			Estudio de métodos núm: 1				Término: 5:00				
Instalación/máquina:			Núm:				Comienzo: 8:00				
Producto/pieza: Pintura vinilo tipo I			Núm:				Tiempo transc: 8				
Plano núm:			Material: polvos, líquidos				Operario: Gabriel Peluffo				
Calidad:			Condiciones de trabajo:				Ficha núm:				
							Observado por: Cindy Ch, Karolyn B				
							Comprobado por:				
Número	Descripción del elemento	Tiempo observado						Total T.Q	Promedio T.Q	V	T.B
		1	2	3	4	5	6				
1	Desplazarse hasta los estantes de materia prima	14,7	15,2	15,1	15	15	15,1		15,0	95	14,3
2	Coger materia prima	13,4	13,5	13,5	13,5	13,2	13,6		13,5	95	12,8
3	Llevar materia prima a la balanza	15	14,9	15,1	15,1	15,1	14,8		15,0	95	14,3
4	Pesar materia prima	13,5	13,5	13,6	13,5	13,6	13,5		13,5	95	12,9
5	Llevar materia prima al mesón	2,1	2,1	2	2	2,1	2,1		2,1	95	2,0

Figura 10. Estudio de tiempos actual de la preparación de la materia prima. Elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

A este tiempo básico obtenido para cada una de la actividades se le agrega los suplementos, para determinar cada uno de estos se tuvo como referencia el sistema de suplementos proporcionados por la OIT (anexo 4) en los que se puede observar el tiempo total de la operación.

A continuación se muestran los porcentajes de los suplementos:

Tabla 12.

Porcentaje de suplementos.

SUPLEMENTOS CONSTANTES	
Suplementos por necesidades personales:	5%
Suplementos por fatiga:	4%
SUPLEMENTOS VARIABLES	
Suplemento por trabajar de pie:	2%
Suplemento por postura anormal:	2%
Concentración intensa	2%
Tensión mental:	1%

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores

Análisis de los estudios																	
Operación: Preparación de materia prima										Departamento: Lab de materiales compuestos					Sección:		
materia prima: TPF, nonil,titanio,calcinado,cellozice,acronal, dispersante, bactericida, dietilen, carbonato, talco, nopco			Estudio núm:		1					Totales	Tiempo basico medio o seleccionado por vez	Frecuencia por ciclo	Tiempo basico por ciclo	Suplement o por descanso	Tiempo tipo M.T./H.T. Por		
			Operario núm:		1												
			Maquina núm:		1												
			Realizado por:		Cindy Ch, Karolyn B												
			Núm. Ciclos Obs.		6					Ciclos							
Él. Núm.	Descripción del elemento								M.B.	M.B.		M.B.	%	M.T.			
1	Desplazarse hasta los estantes de materia prima					14,7	15,2	15,1	15	15	15,1	15,0		15	14,3	2,3	16,55
2	Coger materia prima					13,4	13,5	13,5	13,5	13,2	13,6	13,5		13,5	12,8	2,0	14,82
3	Llevara materia prima a la balanza					15	14,9	15,1	15,1	15,1	14,8	15,0		15,1	14,3	2,3	16,53
4	Pesar materia prima					13,5	13,5	13,6	13,5	13,6	13,5	13,5		13,5	12,9	2,1	14,91
5	Llevar materia prima al mesón					2,1	2,1	2	2	2,1	2,1	2,1		2,1	2,0	0,3	2,28

Figura 11. Estudio de tiempos actual con suplemento./ elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

A partir de estos resultados se obtiene el tiempo estándar de la operación: **1 minuto.**

2.5 Diagramas de proceso

Actualmente en el proceso de producción de pintura que realiza la ENSB, no cuenta con diagramas que permitan controlar el proceso, por tal motivo, se decide realizar observaciones con el fin de obtener información pertinente de los procesos productivos que se llevan a cabo para producir pintura tipo I, la cual es necesaria en el momento de determinar los costos de fabricación de dichos producto. También nos ayuda a determinar falencias en los actuales métodos utilizados para la producción y así poder proponer algunas mejoras. Dentro de los anexos de este proyecto se podrán observar los siguientes diagramas:

- Cursograma analítico de proceso de producción de pintura vinilo tipo I (anexo 5).
- Diagrama de recorrido actual.

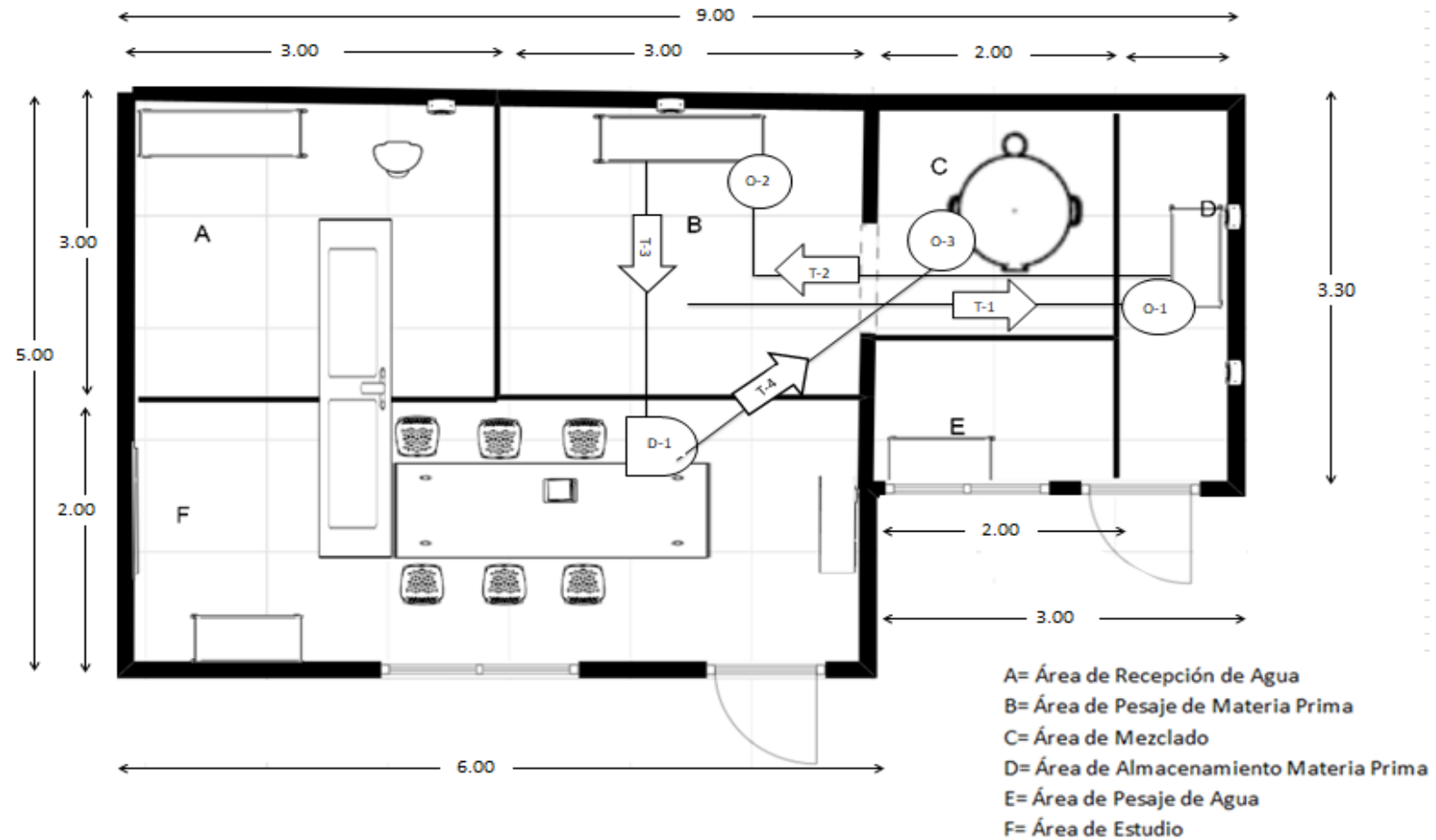


Figura 12. Diagrama de recorrido actual (en metros)/ (Elaboración Propia).

2.6 Matrices para determinar el costo de la actual distribución

Una vez identificado cada uno de los recorridos que realiza la materia prima, se realizaron las diferentes matrices que nos ayudaron a determinar el costo de la distribución actual. Cabe aclarar que en la ENSB se realiza pintura Vinilo durante tres días, cada seis meses, es decir, seis días al año. El proceso de fabricación para 25 Galones tiene una duración de cuatro horas, lo que quiere decir que el operario en una jornada laboral realiza dos veces pintura (Lo que indica que al año se realiza doce veces este procedimiento) obteniendo un total 50 Galones. Al término de los tres días se producen 150 Galones, de modo que anualmente se elaboran 300 Galones.

2.6.1 Distribución de los departamentos

Tabla 13.

Distribución de los departamentos.

A	Agua
B	Zona de pesaje de materia prima
C	Proceso de mezclado
D	Almacenamiento MP
E	Pesaje de agua
F	Área de estudio

Nota: Elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.6.2 Matriz de flujos anuales

La Matriz de flujos representa la cantidad de veces que el operario se desplaza de un departamento a otro durante el proceso de fabricación de Pintura. Para realizar la siguiente matriz Anual, se multiplicó la cantidad de desplazamientos realizados durante el proceso, por doce (cantidad de veces que se fabrica pintura al año).

Tabla 14.*Matriz de flujos anuales (en metros).*

	A	B	C	D	E	F
A		12	36	0	60	0
B	12		144	132	0	132
C	36	144		0	0	132
D	0	132	0		0	0
E	60	0	60	0		0
F	0	132	132	0	0	
total				1356		

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.6.3 Matriz de costos por viajes anuales

La matriz de costos por viajes nos muestra el costo (en pesos) que tiene realizar los recorridos de un departamento a otro. Para realizar esta matriz se debe tener en cuenta el costo de cada desplazamiento, el cual se obtuvo hallando el salario diario del operario (\$122.300) multiplicado por 6 que son la cantidad de días al año que se realiza pintura dándonos como resultado \$733.800 que vendría siendo el salario anual, luego se dividió este valor entre el total de recorridos anuales obteniendo un costo de \$541, lo que corresponde al valor de cada desplazamiento. Después se multiplica el recorrido anual entre departamentos por el valor del desplazamiento, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 15.*Matriz de costos por viajes (en pesos).*

	A	B	C	D	E	F
A	0	6494	19481	0	32469	0
B	6494	0	77926	71432	0	71432
C	19481,4	77926	0	0	0	71432
D	0	71432	0	0	0	0
E	32469	0	32469	0	0	0
F	0	71432	71432	0	0	0

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.6.4 Matriz de distancias recorridas

La matriz de distancias recorridas nos permite saber la distancia que hay entre departamentos. Para realizar esta matriz fue necesario hallar los centroides de cada departamento, luego se procedió a contar las distancias existentes entre el centroides de un departamento y otro obteniendo lo siguiente:

Tabla 16.

Matriz de distancias recorridas (en metros).

	A	B	C	D	E	F
A		3	5,5	7	7	3,5
B	3		2,5	4	3	3,5
C	5,5	2,5		1,5	1,5	6
D	7	4	1,5		2,5	7,5
E	7	3	1,5	2,5		6,5
F	3,5	3,5	6	7,5	6,5	

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

2.6.5 Costo total distribución actual

Para hallar el costo total de la distribución actual, multiplicamos el costo por viajes anual de cada departamento por la distancia recorrida entre departamentos. Una vez se tiene el costo por departamento se suman todos los valores, obteniendo como resultado \$3.074.817 que corresponde al costo total anual de la distribución actual del Laboratorio de Materiales Compuestos de la ENSB.

Tabla 17.*Costo total d la distribución (en pesos).*

	A	B	C	D	E	F
A	0	19481	107148	0	227283	0
B	19481	0	194814	285727	0	250012
C	107148	194814	0	0	0	428591
D	0	285727	0	0	0	0
E	227283	0	48704	0	0	0
F	0	250012	428591	0	0	0
	TOTAL				\$	3.074.817

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Capítulo 3. Diseño propuesto para la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB

3.1 Resultados del proceso mejorado

Después de haber realizado cada uno de los diagramas de la situación actual del proceso y analizando la metodología empleada se pudieron observar falencias y se sugirió una nueva metodología que les permite mejorar el proceso de preparación de la materia prima, reducir el tiempo generado en las esperas y reducir los recorridos.

3.1.1.1 Proceso preparación de materia prima

Se realizaron 6 observaciones previas para poder determinar el número de observaciones correspondientes para cada una de las tareas que componen una actividad anexo se encuentran los cursogramas analíticos mejorados de la preparación de la materia prima (anexo 6).

- Estudio de tiempos

Estudio de tiempos: Ciclo breve											
Departamento: Laboratorio de materiales compuestos			Sección:					Estudio núm: 1			
								Hoja núm: 1			
Operación: Preparación de Materia Prima			Estudio de métodos núm: 1					Término: 5:00			
Instalación/máquina:			Núm:					Comienzo: 8:00			
Producto/pieza: Pintura vinilo tipo I			Núm:					Tiempo transc: 8			
Plano núm:			Material: polvos, líquidos					Operario: Gabriel Peluffo			
Calidad:			Condiciones de trabajo:					Ficha núm:			
								Observado por: Cindy Ch, Karolyn B			
								Comprobado por:			
Número	Descripción del elemento	Tiempo observado						Total T.Q	Promedio T.Q	V	T.B
		1	2	3	4	5	6				
1	Desplazarse hasta los estantes de materia prima	4	3,7	3,8	3,7	4	4		3,9	105	4,1
2	Coger materia prima	10,8	11,8	10,9	10,9	11	10,7		11,0	105	11,6
3	Llevar materia prima a la balanza	4	3,9	3,7	3,6	4,1	4		3,9	105	4,1
4	Pesar materia prima	7,2	7,3	7,2	7,4	7,1	7,6		7,3	105	7,7
5	Llevar materia prima al mesón	1,8	1,7	1,8	1,8	1,6	1,7		1,7	105	1,8

Figura 13. Estudio de tiempos mejorado elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

A continuación se muestra la tabla de suplementos para el estudio de tiempos mejorado:

Análisis de los estudios																
Operación: Preparación de materia prima									Departamento: Lab de materiales compuestos					Sección:		
materia prima: TPF, nonil,titanio,calcinado,cellozice,acronal, dispersante, bactericida, dietilen, carbonato, talco, nopco			Estudio núm:		1				Totales	Tiempo basico o medio o seleccionado por vez	Frecuencia por ciclo	Tiempo basico por ciclo	Suplement o por descanso	Tiempo tipo	M.T./H.T. Por	
			Operario núm:		1											
			Maquina núm:		1											
			Realizado por:		Cindy Ch, Karolyn B											
			Núm. Ciclos Obs.		6				Ciclos							
Él. Núm.	Descripción del elemento								M.B.	M.B.		M.B.	%	M.T.		
1	Desplazarse hasta los estantes de materia prima				4	3,7	3,8	3,7	4	4	3,9		3,7	4,1	0,6	4,71
2	Coger materia prima				10,8	11,8	10,9	10,9	11	10,7	11,0		11,8	11,6	1,9	13,42
3	Llevar materia prima a la balanza				4	3,9	3,7	3,6	4,1	4	3,9		4	4,1	0,7	4,73
4	Pesar materia prima				7,2	7,3	7,2	7,4	7,1	7,6	7,3		7,2	7,7	1,2	8,89
5	Llevar materia prima al mesón				1,8	1,7	1,8	1,8	1,6	1,7	1,7		1,8	1,8	0,3	2,11

Figura 14. Suplementos estudio de tiempos mejorado/ datos tomados por los investigadores.

Con estos resultados se obtiene el tiempo estándar de la operación de preparación de materia prima: **33,86 segundos**. Anexo se encuentra el Cursograma analítico del proceso mejorado (anexo 7).

- **Análisis de resultados**

Al realizar la comparación de tiempos de la metodología actual vs mejorado se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las tareas que conforman el proceso de preparación de materia prima:

- ✓ Desplazarse hasta los estantes de materia prima: Para realizar esta tarea se modificó el lugar de ubicación del estante que contiene la materia prima, en el siguiente grafico se observa la relación de esta tarea antes y después de implementar la mejora, notándose así una disminución de tiempo de **11,2 segundos**.

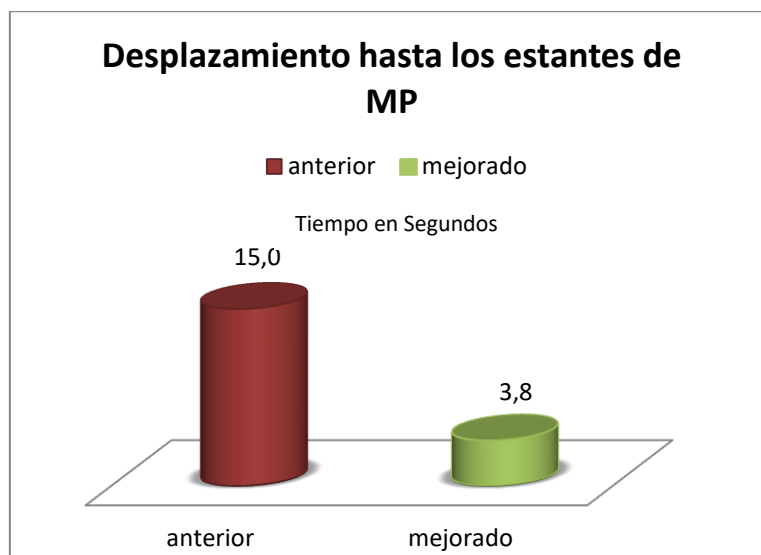


Grafico 1. Comparativo del desplazamiento hasta los estantes de MP
Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Tomar el material: Como mejora en esta tarea se cambiaron los instrumentos donde se agrega la materia prima para poder ser pesada, el tiempo reducido es de **2,1 segundos**.

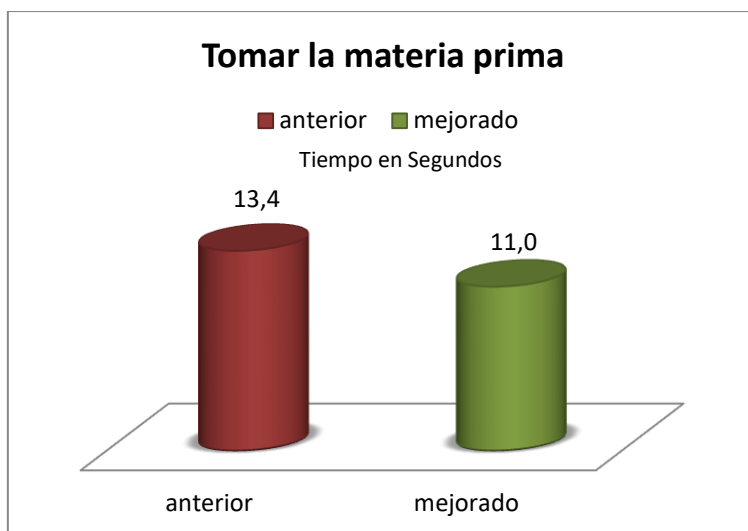


Grafico 2. Comparativo de tomar el material

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Llevar materia prima a la balanza: Al modificar la ubicación del estante logramos disminuir el recorrido y el tiempo que se demoraba al realizar la actividad a unos **11,2 segundos**.

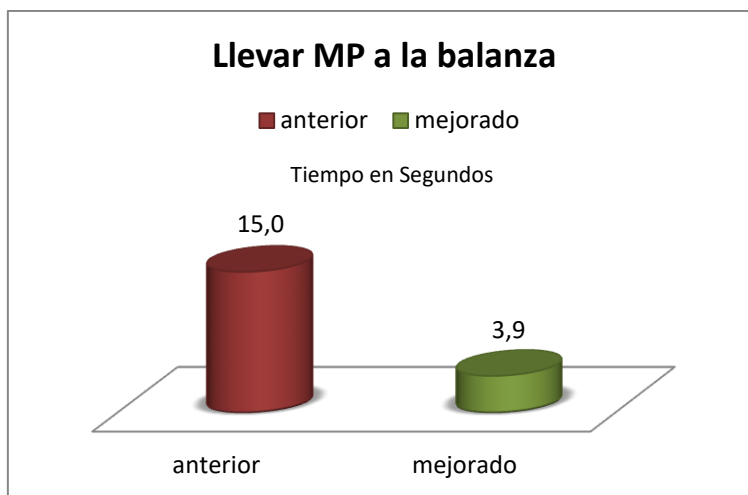


Grafico 3. Comparativo de llevar MP a la balanza

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Pesar la materia prima: Este proceso mejoro debido al cambio de instrumentos para su medición, se pudieron obtener pesos más exactos. Se disminuye el tiempo en **6,4 segundos**.

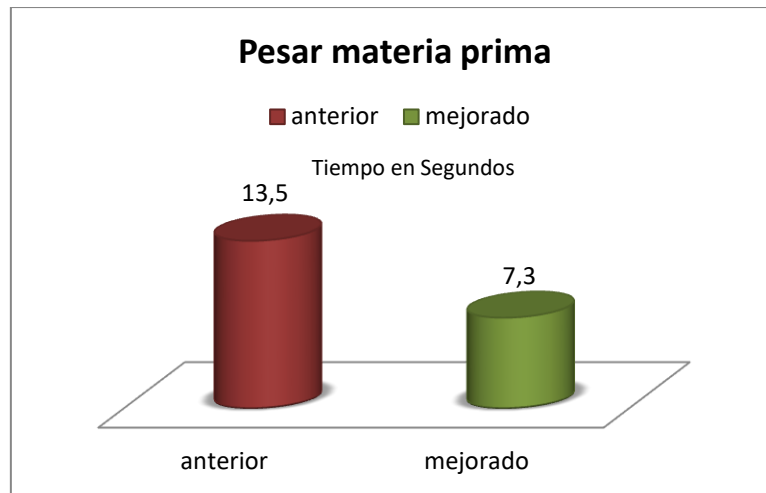


Grafico 4. Comparativo de pesar materia prima

Fuente: Elaboración propia

✓ Llevar materia prima al mesón:

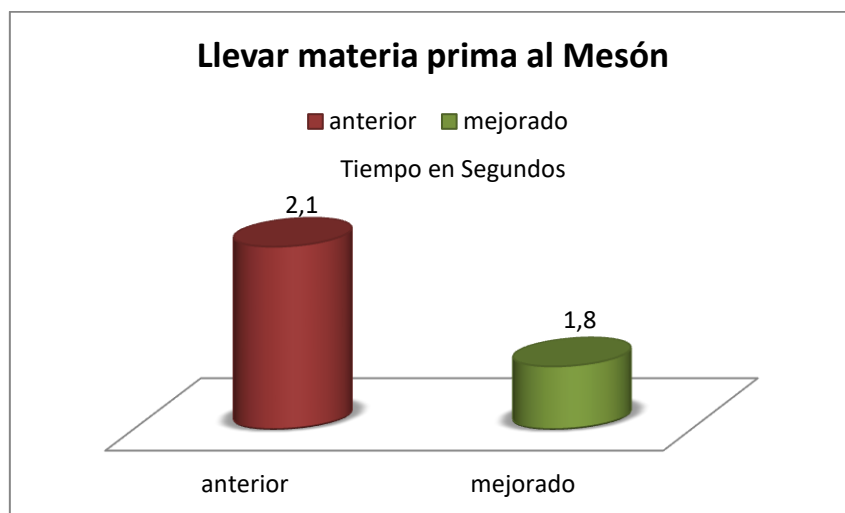


Grafico 5. Comparativo de llevar MP al mesón

Fuente: Elaboración propia

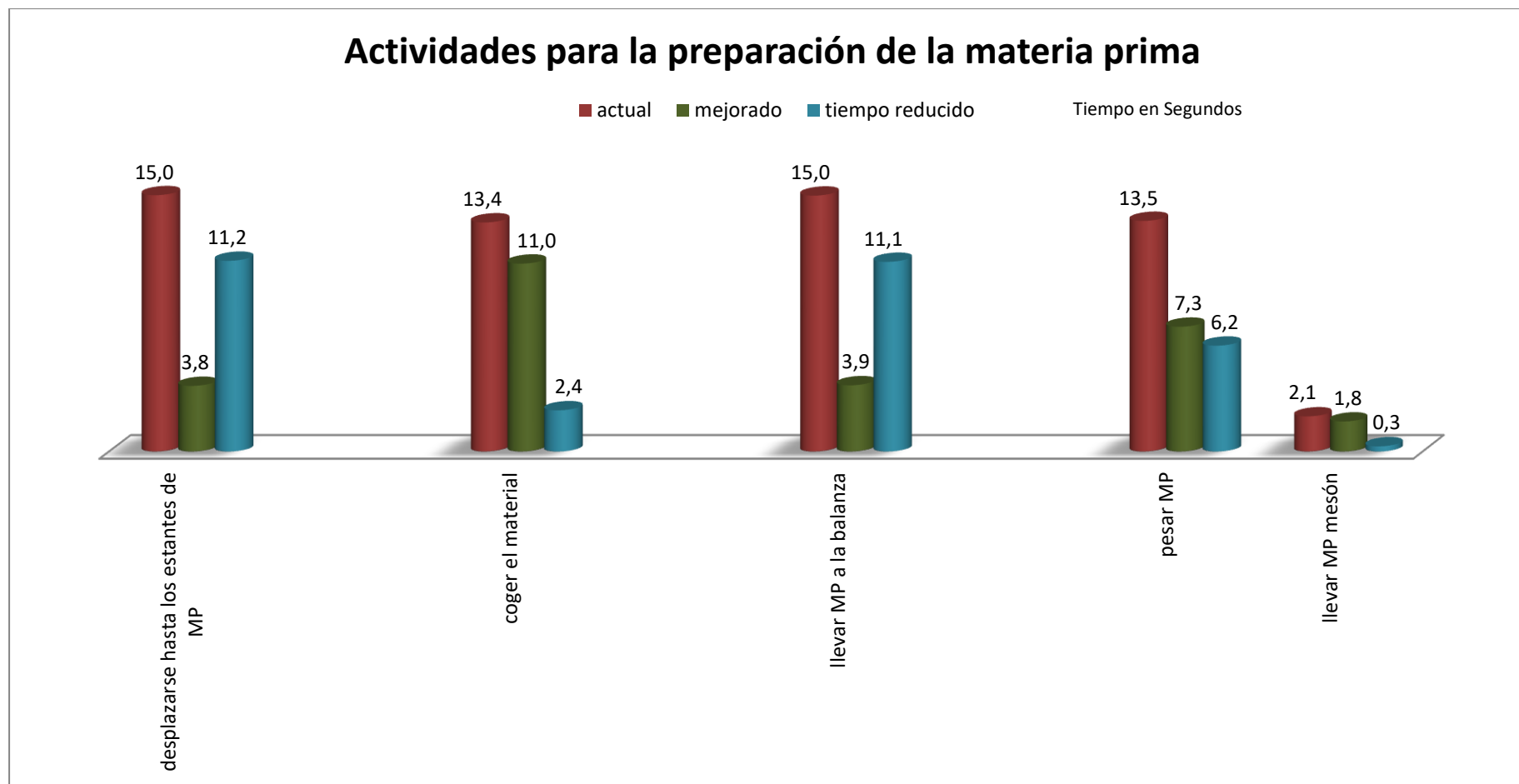


Grafico 6. Actividades para la preparación de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2 Tiempo total del proceso de preparación de la materia prima

Al mejorar la metodología empleada y al realizar las diferentes ubicaciones del lugar de trabajo se observó una notable disminución en el tiempo empleado en la preparación de la materia prima, contribuyendo así a reducir el tiempo total de la producción de pintura vinilo tipo I.

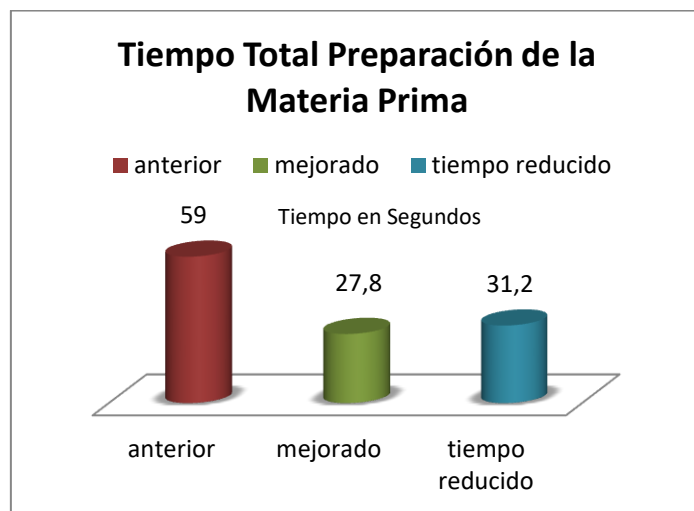


Grafico 7. Comparativo de esperas del proceso de preparación de MP

Fuente: Elaboración propia

3.2 Diagrama de recorrido mejorado

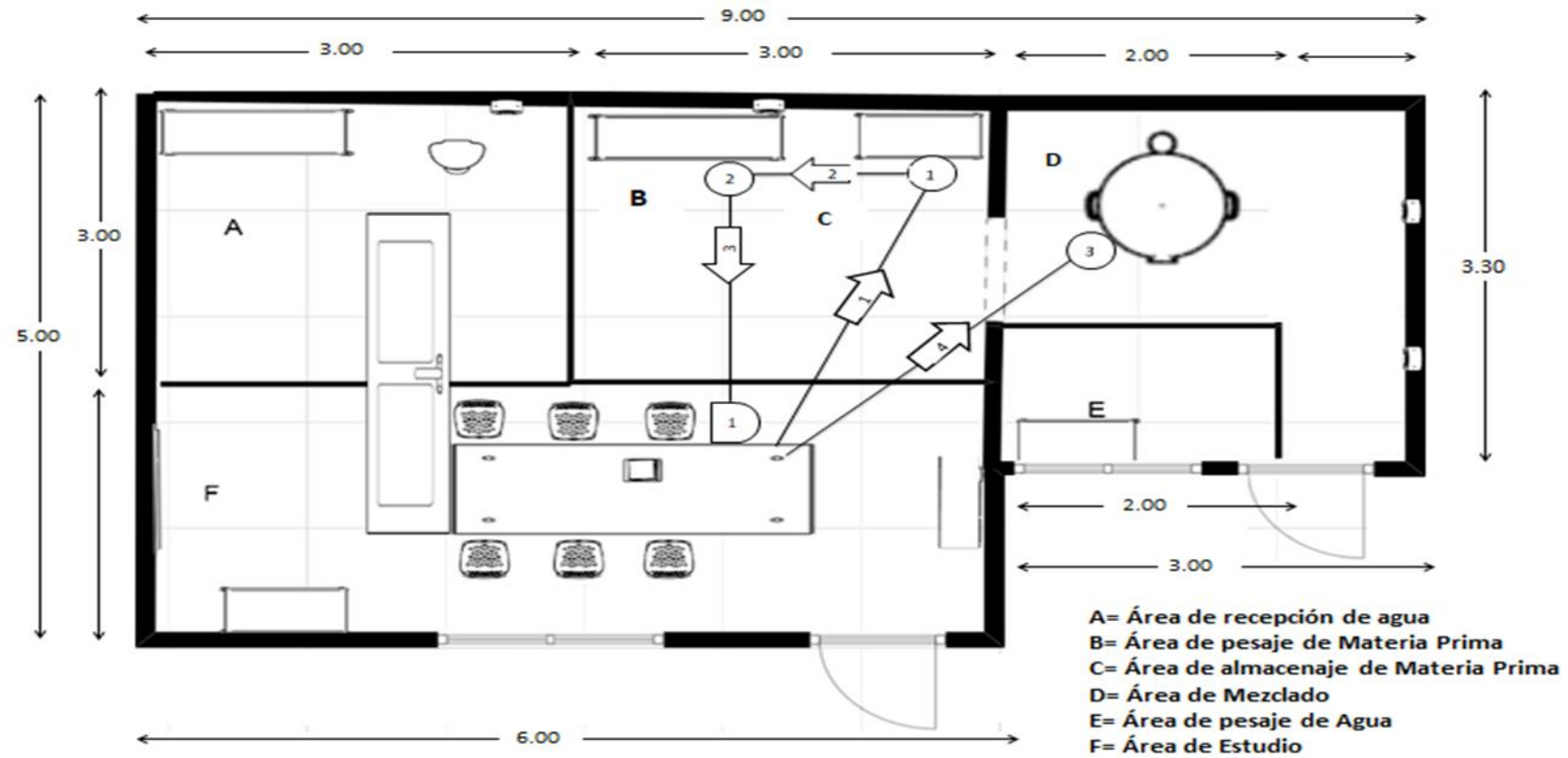


Figura 15.Nota: diagrama de recorrido mejorado/ (elaboración propia).

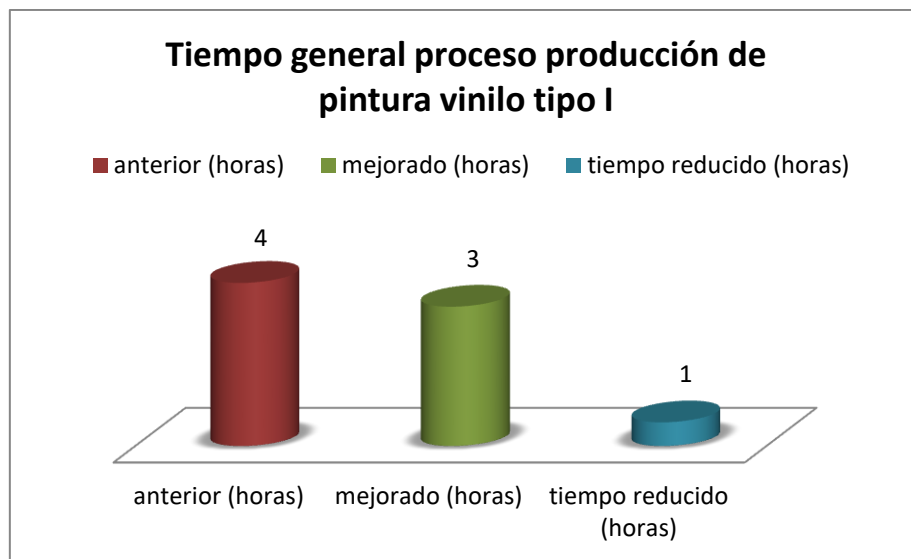


Grafico 8. Comparación general de los procesos

Fuente: Elaboración propia

Al realizar todas las mejoras dentro del proceso, se puede observar una reducción de tiempo de **1 hora**.

3.3 Propuesta de una nueva distribución

Para obtener la distribución propuesta a través del método heurístico CRAFT, se hace uso del programa Excel. Una vez que definimos el costo de la distribución actual, determinamos las posibles interacciones teniendo en cuenta que el departamento A y F no pueden ser reubicados, para esto utilizamos el software **IIE-Micro-Craft**, dando como resultado tres posibles interacciones que disminuyen el costo de la distribución actual:

- D-E
- C-B
- E-B

Para cada uno de los intercambios se muestran los siguientes resultados:

- Intercambio D-E

Tabla 18.*Intercambios D-E (en pesos).*

	A	B	C	D	E	F
A	0	19481	107148	0	227283	0
B	19481	0	194814	214296	0	250012
C	107148	194814	0	0	0	428591
D	0	214296	0	0	0	0
E	227283	0	48704	0	0	0
F	0	250012	428591	0	0	0
TOTAL					\$	2.931.953

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Al realizar este intercambio se observa que el costo es de \$2.931.953, con esta distribución disminuye costo actual

- Intercambio C-B

Tabla 19.*Intercambio C-B (en pesos).*

	A	B	C	D	E	F
A	0	35716	58444	0	194814	0
B	35716	0	194814	107148	0	428591
C	58444	194814	0	0	0	250012
D	0	107148	0	0	0	0
E	194814	0	97407	0	0	0
F	0	428591	250012	0	0	0
TOTAL					\$	2.636.485

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

El costo para este intercambio es de \$2.636.485, mejora aún más el costo actual.

- Intercambio E-B

Tabla 20.

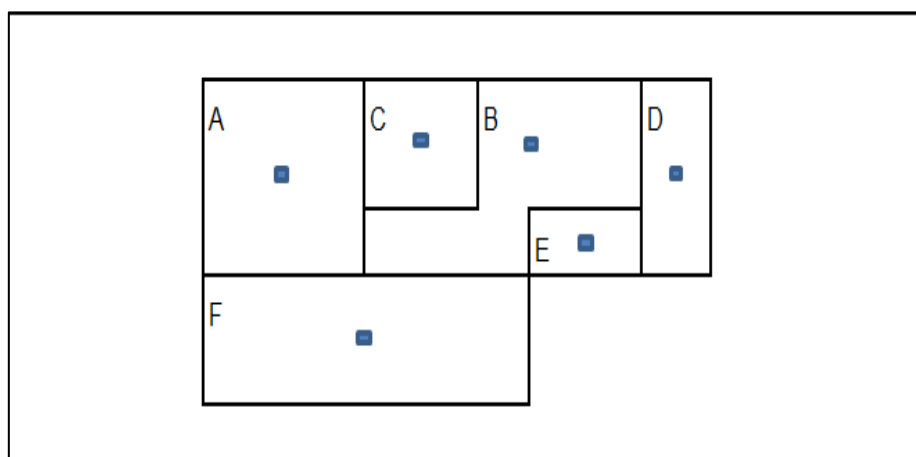
Intercambio E-B (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	38963	107148	0	97407	0
B	38963	0	116888	178580	0	464307
C	107148	116888	0	0	0	428591
D	0	178580	0	0	0	0
E	97407	0	81173	0	0	0
F	0	464307	428591	0	0	0
	TOTAL				\$	2.944.941

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

El costo en este intercambio es de \$2.944.941.

Teniendo en cuenta los resultados de las interacciones se obtuvo que la alternativa C-B, disminuyo el costo de la distribución actual; a continuación se muestra la nueva distribución:

Figura 34.

Nota. Distribución después de la primera interacción/ (Elaboración propia).

Después de redistribuir los departamentos se calculan sus centroides y se determinan las nuevas distancias:

Tabla 21. *Nuevos centroides (en metros).*

	X	Y	AREA
B1	3	1	3
B2	3	2	6
CENTROIDES	3	1,7	5

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

A partir de esta se determina la nueva matriz de recorridos

Tabla 22.

Nueva matriz de recorridos (en metros).

	A	B	C	D	E	F
A		5	3	7	6	3,5
B	5		2	3	1,5	6
C	3	2		5,5	4,5	4
D	7	3	5,5		2,5	7,5
E	6	1,5	4,5	2,5		6,5
F	3,5	6	4	7,5	6,5	

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Se determina el costo de la nueva distribución

Tabla 23.

Nueva matriz de costos (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	32469	58444	0	194814	0
B	32469	0	155851	214296	0	428591
C	58444	155851	0	0	0	285727
D	0	214296	0	0	0	0
E	194814	0	146111	0	0	0
F	0	428591	285727	0	0	0
	TOTAL				\$	2.886.496

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Se observa que al realizar la nueva distribución su costo disminuye a \$2.886.496

Realizamos nuevamente las posibles interacciones:

- B-E
- B-D
- D-E

Resultados de intercambios a partir de la nueva distribución

- Interacción B-E

Tabla 24.

Nueva interacción A-C (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	38963	58444	0	162345	0
B	38963	0	350665	178580	0	464307
C	58444	350665	0	0	0	285727
D	0	178580	0	0	0	0
E	162345	0	64938	0	0	0
F	0	464307	285727	0	0	0
TOTAL					\$	3.143.002

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Esta interacción no mejora la distribución actual.

- Interacción B-D

Tabla 25.

Nueva interacción B-D (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	45457	58444	0	194814	0
B	45457	0	428591	250012	0	535739
C	97407	272740	0	0	0	285727
D	0	250012	0	0	0	0
E	194814	0	146111	0	0	0
F	0	535739	285727	0	0	0
TOTAL					\$	3.626.790

Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Esta interacción no mejora la distribución actual.

- Interacción E-D

Tabla 26.

Interacción E-D (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	32469	58444	0	227283	0
B	32469	0	155851	107148	0	428591
C	116888	116888	0	0	0	285727
D	0	107148	0	0	0	0
E	227283	0	178580	0	0	0
F	0	428591	285727	0	0	0
TOTAL					\$	2.789.089

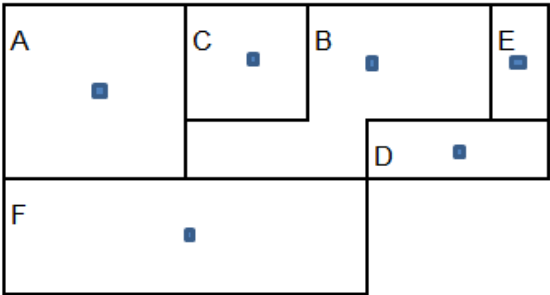
Nota: elaboración propia, datos tomados por los investigadores.

Esta interacción mejora la distribución actual.

Con esta interacción se obtuvo una nueva distribución que disminuye el costo actual.

A continuación se muestra la nueva distribución:

.



Nota. Nueva distribución después de la tercera interacción / (Elaboración propia).

Las posibles interacciones para esta nueva distribución son:

- B-E
- B-D

Al analizar los resultados de estas nuevas interacciones nos dimos cuenta de que no mejora, así que se detiene el algoritmo.

Teniendo en cuenta cada uno de los costos obtenidos en las diferentes interacciones se obtuvo que la distribución que disminuye el costo actual es **C-B \$2.636.485**.

3.3.1 Propuesta nueva distribución

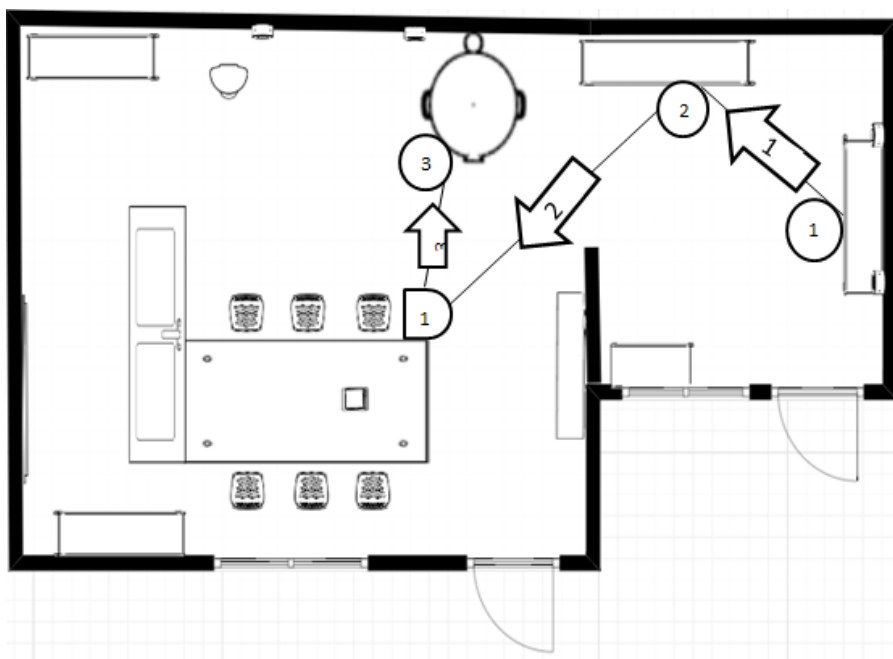


Figura 16. Nueva distribución método Elaboración propia.CRAFT/

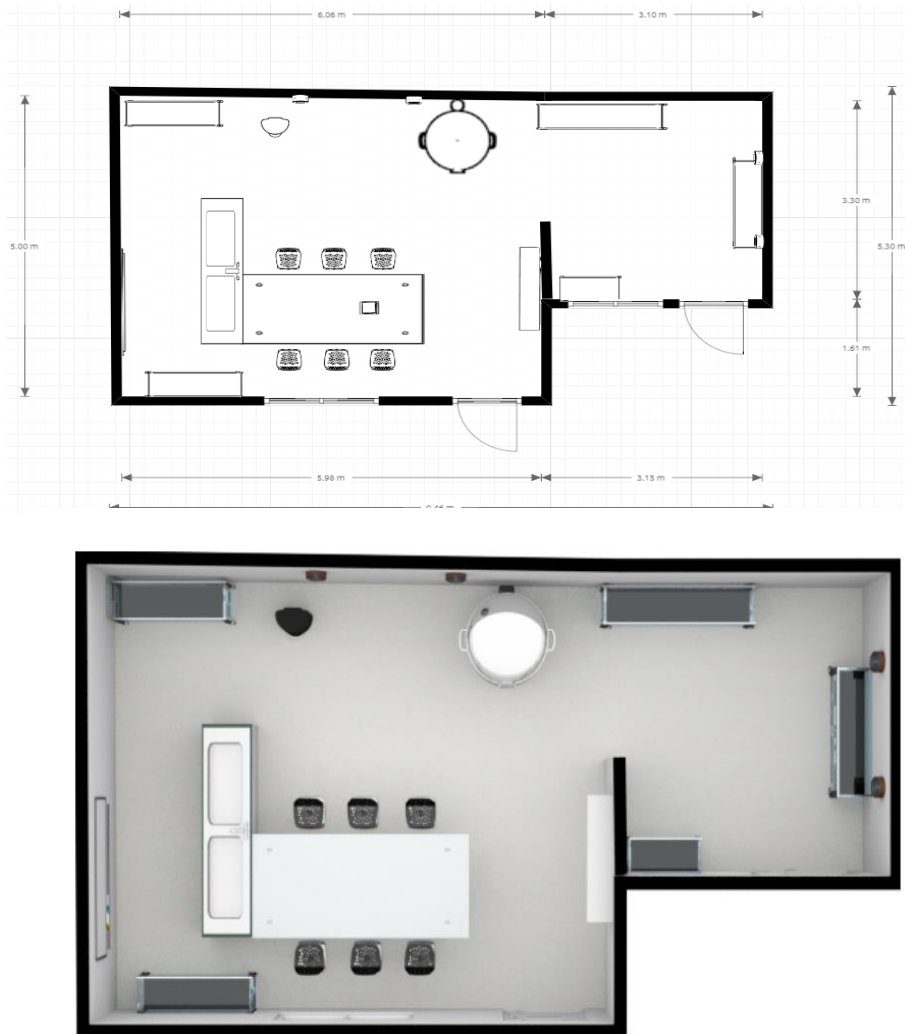


Figura 17. Vista superior propuesta de la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB/ elaboración propia.

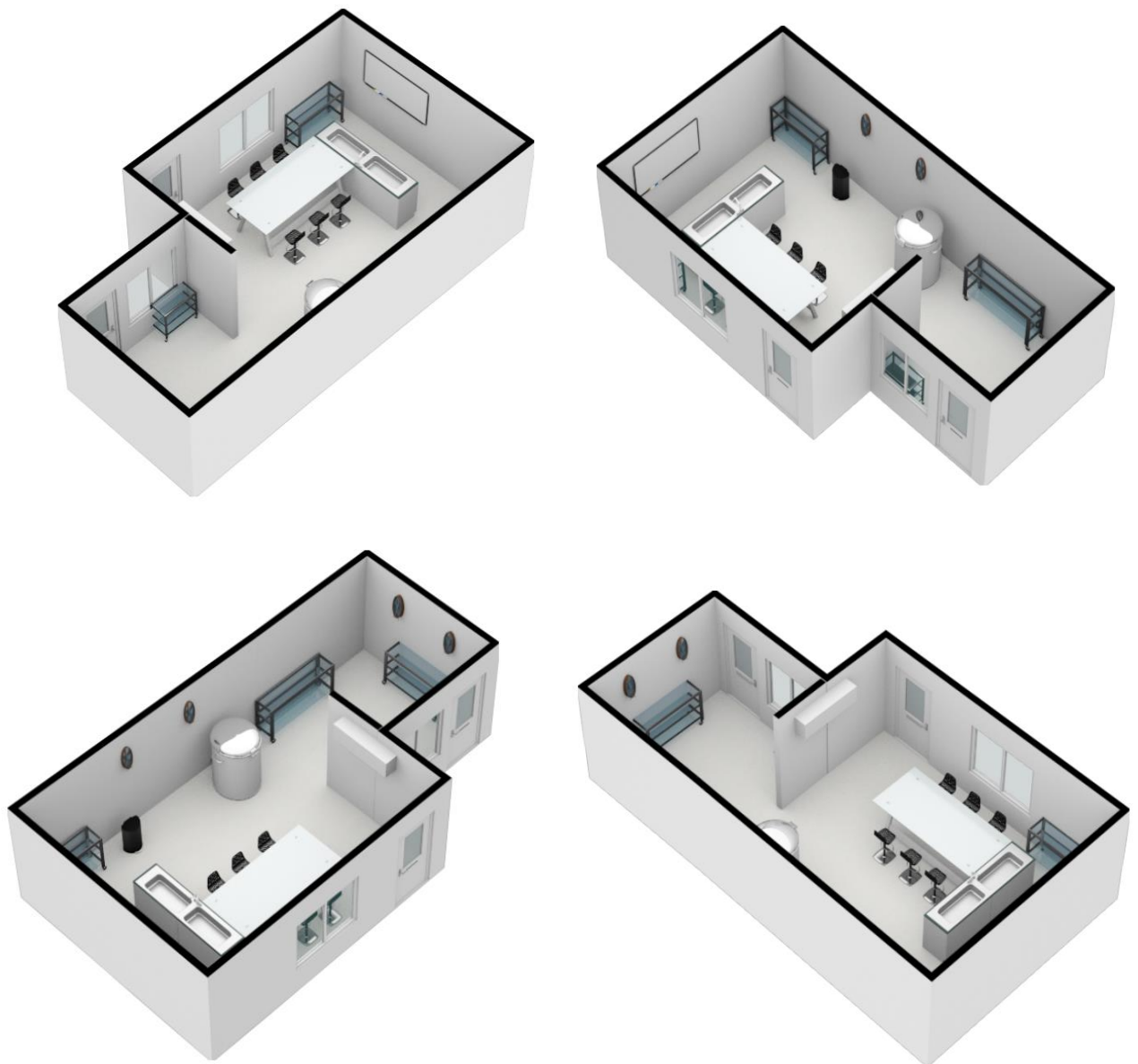


Figura 18. *Vistas propuesta de la nueva distribución del laboratorio de materiales de la ENSB/
elaboración propia.*

3.4 Análisis de Costos

3.4.1 Costo actual distribución versus costo de la nueva distribución

A continuación se muestra la matriz de la distribución inicial en donde se obtuvo un costo de \$3.074.817 y la matriz de la distribución después de haber aplicado el método CRAFT la cual dio un costo de \$2.636.485, se puede notar como al reubicar los departamentos C y B se disminuye el costo de transporte. Las casillas seleccionadas con color gris muestran exactamente en cuál de los departamentos se disminuyó los costos de transporte.

Tabla 27.

Costo distribución actual (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	19481	107148	0	227283	0
B	19481	0	194814	285727	0	250012
C	107148	194814	0	0	0	428591
D	0	285727	0	0	0	0
E	227283	0	48704	0	0	0
F	0	250012	428591	0	0	0
TOTAL					\$	3.074.817

Nota: elaborado por los investigadores.

Tabla 28.

Costo distribución propuesta (en pesos).

	A	B	C	D	E	F
A	0	35716	58444	0	194814	0
B	35716	0	194814	107148	0	428591
C	58444	194814	0	0	0	250012
D	0	107148	0	0	0	0
E	194814	0	97407	0	0	0
F	0	428591	250012	0	0	0
TOTAL					\$	2.636.485

Nota: elaborado por los investigadores.

3.4.2 Análisis de costo situación actual versus nueva distribución

Después de haber determinado el costo de cada una de las distribuciones, se obtuvo que al implementar la nueva propuesta para la distribución del laboratorio de materiales compuestos de la ENSB se disminuye su costo en un 7% que corresponde a \$438.322.

Tabla 29.

Análisis de costo situación actual versus nueva distribución (en pesos).

COSTO		
ACTUAL	PROPUESTO	AHORRO
\$3.074.817	\$2.636.485	\$438.332

Nota: elaborado por los investigadores.

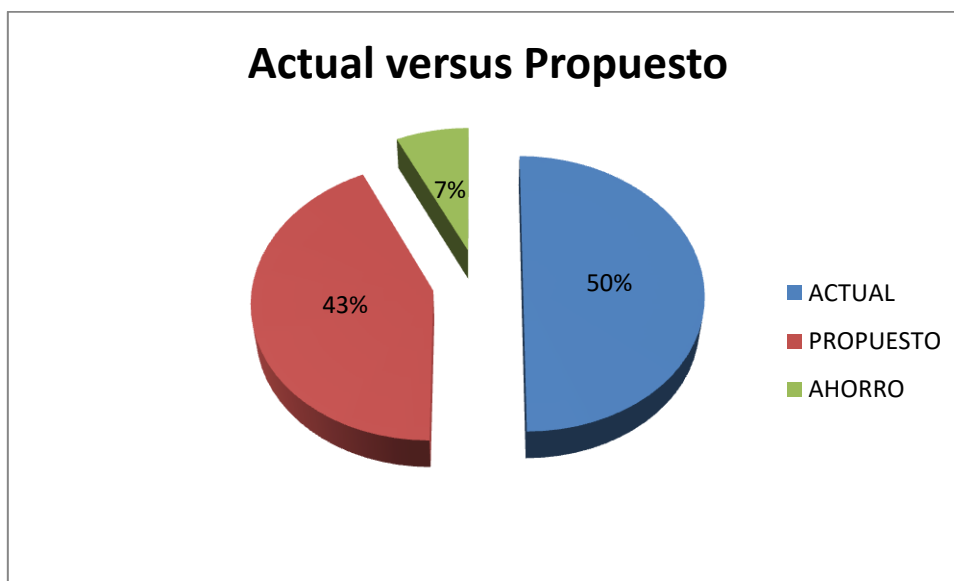


Grafico 9. Comparación de costos de la distribución

4 Conclusión

Con la realización del presente proyecto se logró poner en práctica muchos de los conocimientos adquiridos durante la carrera relacionados con procesos y procedimientos, costos, planeación y control de la producción etc. los cuales, son necesarios para abordar los problemas de distribución de planta, más aún cuando se parte de una disposición inicial que requiere de un reordenamiento.

El estudio de Métodos y Tiempos realizado en el Laboratorio de Materiales Compuestos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”, nos permitió analizar las condiciones y medios con los cuales es manipulada la materia prima en las diferentes partes del proceso, para posteriormente, realizar una evaluación de qué tan adecuados son los equipos destinados para el manejo del material. Dicha evaluación nos permitió realizar las siguientes modificaciones a los instrumentos utilizados para la elaboración de la pintura vinilo tipo I elaborada en la escuela naval de suboficiales ARC “Barranquilla”:

- El recipiente donde se mide el agua (envase de cuñete), se le señalaron las diferentes medidas con el fin de tener una mejor precisión a la hora de pesar el agua, evitando así reproceso por no tener la medida exacta.
- En cuanto al instrumento con el que se pesa la materia prima se cambió por vasos de precipitados, ayudando a tener medida más precisas evitando que se agregue más de lo necesario a la máquina mezcladora.

Con la implementación de cada uno de los puntos anteriores se logró tener mejor control sobre el proceso, y así disminuir los desperdicios y el tiempo final del proceso de producción de pintura vinilo tipo I en un 13%.

Ha quedado establecido que la distribución en planta implica la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal y espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente, buscando aumentar la producción y minimizar costos.

La eficiencia de una distribución en planta es evidente cuando se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, eliminándose lugares inseguros, pasos peligrosos y materiales de pasillos. Se obtiene un menor número de retrasos, reduciéndose los tiempos de espera, al equilibrar los tiempos de trabajo, se disminuye las distancias de recorrido, se mejora y facilita el control de costos, al reunir procesos similares que facilitan la contabilidad de costos.

La distribución del laboratorio de materiales compuesto no era la adecuada, los espacios destinados para cada una de las áreas de trabajo, no permitían una buena movilidad del operario a cargo, también se realizaban recorridos largos que afectaban el tiempo final de proceso, es por eso que a través del método heurístico CRAFT y del software IIE MICRO-CRAFT, se logró determinar una distribución que disminuyó los costos de transportes del proceso en un 7%.

5 Recomendaciones

- Se sugiere cambiar los envases de la materia prima que viene en bolsas por un recipiente plástico (cuñetes) para mejorar su manipulación a la hora de tomar la materia prima.
- La máquina mezcladora se sugiere implementar un sistema que permita levantar el tanque de mezclado y así a través de una llave sea envasado el producto final evitando así la contaminación y el desperdicio de la pintura.
- No operar la balanza digital en superficies desniveladas, cerca de ventanas o puertas abiertas que causen cambios bruscos de temperatura, cerca de ventiladores o equipos que causen vibraciones o expuesto a campos electromagnéticos fuertes. Encontramos con que una de las balanzas se encuentra próxima a una ventana, exponiéndose a la radiación UV.
- Si la balanza digital está conectada a una toma eléctrica que tenga fluctuaciones de voltaje se recomienda el uso de un estabilizador de voltaje. Este regulador tiene un costo en el mercado entre \$50.000 y \$100.000 aproximadamente.
- Mantener limpio el teclado de la balanza. Utilizar un paño seco (o un producto de limpieza adecuado) para limpiar las partes del equipo. No usar chorro de agua (Electronic, 2011).
- Los equipos utilizados en este proceso (Balanzas digitales, Máquina homogeneizadora, Tacómetro, Durómetro, Medidor de espesores) no deben estar expuestos a los rayos Ultravioletas ni a las corrientes directas de aire, ya sea aire natural o artificial como los ventiladores, aires acondicionados.

Los disolventes son los que dan fluidez a la pintura para permitir su producción y aplicación. Sus componentes orgánicos volátiles son especialmente nocivos (white-spirit, tricloroetileno, o la acetona) (FIPEC, 2016).

- El TPF, Nonil, Titanio, Dispersante, Dietilen, Carbonato, Talco, Nopco, Acronal, Calcinado, Cellozice y Bactericida, utilizados para la elaboración de pintura son perjudiciales para la salud; estos químicos pueden penetrar en nuestro organismo, ya sea por inhalación, contacto con la piel o ingestión, ocasionando daños como Irritación de ojos, nariz y garganta, náuseas, vómitos, mareos, dolores de cabeza, dificultad respiratoria, lesiones en la piel como enrojecimiento, urticaria y sequedad, entre otros. Es por esto que se recomienda el uso permanente de Elementos de Protección Personal (Batas, Botas, Tapabocas, Guantes plásticos, Lentes de seguridad transparentes), para prevenir lesiones y evitar daños a la salud.

Referencias

- Aguirre, E. (2016). Distribución física en planta. Retrieved from <http://slideplayer.es/slide/5457879/>
- Cod, N. (2011). Análisis de Layout. Retrieved April 15, 2018, from <http://www.codnet.com.ar/servicios/mejora-de-procesos/analisis-de-layout/>
- Coronado, J., & Mejía, G. (2007). Métodos para la distribución en planta. Retrieved from <https://sites.google.com/site/jaracohe/home/docencia/ingenieriademethodos>
- Electronic, L. (2011). Balanzas digitales de precisión MIX-SL-600 LEXUS manual español. Retrieved April 15, 2018, from www.viaindustrial.com
- FIPEC. (2016). Pinturas convencionales. Retrieved from <http://www.ladyverd.com/lo-que-esconden-las-pinturas-convencionales/>
- Freivalds, A. (2013). *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (universidad de occidente, Ed.) (11th ed.).
- Genanio. (2011). Ship Conversion | Marine Surveyors and Technical Consultants. Retrieved April 15, 2018, from <http://www.marinesurveyorsandtechconsult.com/index.php/marine-services/ship-conversion/>
- ICONTEC, I. (2011). Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia NTC 5828. colombia. Retrieved from https://members.wto.org/crnattachments/2016/TBT/COL/16_0285_01_s.pdf
- ICONTEC, I. (2015). Pinturas al agua tipo emulsión NTC 1335. Colombia. Retrieved from https://members.wto.org/crnattachments/2016/TBT/COL/16_0285_00_s.pdf
- López, A. (2017). Distribución en planta. Retrieved April 15, 2018, from

<http://slideplayer.es/slide/11792893/>

Muñoz, M. (2004). *Diseño de distribución en planta de una empresa textilera*. Universidad nacional mayor de marcos. Retrieved from

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenie/munoz_cm/munoz.pdf

Muther, R. (1970). *Distribución en planta* (2 edición). Barcelona-España: McGraw Hill.

Retrieved from <http://hpcinc.com/wp-content/uploads/2016/07/Spanish-PPL.pdf>

Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5th ed.). Mexico. Retrieved from

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwb3J0YWZvbGlvdmlldHVhbHBjb2x1aXNhY3VuYXxneDozNGMwMGJiOTMzMtMzMmM>

Oficina internacional del trabajo. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. (G. Kanawaty, Ed.) (4th ed.). Ginebra. Retrieved from

<https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>

Platas, J., & Cervantes, M. (2014). *Planeación, diseño y layout de instalaciones* (1st ed.).

Mexico. Retrieved from

<https://books.google.com.co/books?id=6jnABgAAQBAJ&pg=PA69&lpg=PA69&dq=E+l+movimiento+del+material+es+un+factor+muy+importante+en+la+reducción+de+costos+de+producción,+pues+permite+que+los+trabajadores+se+especialicen+en+las+operaciones+y++no+en+e#v=onepage>

Universidad Tecnológica de Pereira., H., Wilches, M. J., V, M. G., & Montenegro, Y. (2011, December 30). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la

configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, 3(49), 63–68.

Retrieved from <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1473/961>

Varinder Khurana, R. M., & Khurana, V. (2015). Facility Layout Planning: A Review.

International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology,
04(03), 976–980. <https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2015.0403027>

Lista de anexos

Anexo 1. <i>Formato para análisis de factores.</i>	89
Anexo 2. <i>Formato estudio de tiempos.</i>	91
Anexo 3. <i>Cursograma analítico de la preparación de materia prima.</i>	92
Anexo 4. <i>Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los tiempos básicos.</i>	98
Anexo 5. <i>Cursograma analítico actual.</i>	99
Anexo 6. <i>Cursograma analíticos mejorados del proceso de preparación de materia prima.</i>	100
Anexo 7. <i>Cursograma analítico mejorado.</i>	106

Anexos

Anexo 1. Formato para análisis de factores.

FACTOR MATERIAL			
	TIPO	UNIDAD DE CARGA (CANTIDAD)	OBSERVACIONES
MATERIAL DE INGRESO			
DEPESRDICIOS			
ENVASADO DEL PRODUCTO FINAL			
MATERIAL TERMINADO			

[illegible]

[illegible]

	FACTOR EDICIOS
ESTRUCTURA	SITUACIÓN ACTUAL
Suelo	
Paredes	
Iluminación	
Ventilación	

FACTOR SERVICIOS	
SERVICIOS	SITUACIÓN ACTUAL
ENERGÍA	
AGUA	
ALCANTARILLADO	

Anexo 3. Cursograma analítico de la preparación de materia prima.























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 1	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de TPF, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	4						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	15,75						
Coger TPF			7,787						
Llevar TPF a la balanza		4	16,11						
Pesar TPF			13,93						
Llevar TPF al mesón		3,5	2,61						
Espera hasta iniciar el proceso			167,56						
Llevar TPF a la maquina mezcladora		6	12,17						
Agregar TPF a la mezcladora			3,07						
Total		17,5	239	3	4	1	0	0	

Figura 19. Preparación TPF.






Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 2	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
Actividad: Preparación de Nonil, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 	4						
		Espera 	1						
		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	3						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
				O	H	D	I	V	
Buscar materia prima en los estantes		4	16,23	●					
Coger Nonil			7,593	●					
Llevar Nonil a la balanza		4	15,57		●				
Pesar Nonil			13,45	●					
Llevar Nonil al mesón		3,5	2,27		●				
Espera hasta iniciar el proceso			112,45			●			
Llevar Nonil a la maquina mezcladora		6	11,43	●					
Agregar Nonil a la mezcladora			2,47	●					
Total		17,5	181	3	4	1	0	0	

Figura 20. Preparación de Nonil.























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 3	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Titanio, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	3						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	15,29						
Coger Titanio			7,813						
Llevar Titanio a la balanza		4	15,05						
Pesar Titanio			13,37						
Llevar Titanio al mesón		3,5	2,13						
Espera hasta iniciar el proceso			88,42						
Llevar Titanio a la maquina mezcladora		6	11,33						
Agregar Titanio a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	154	3	4	1	0	0	

Figura 21. Preparación de titanio. (Elaboración propia).



















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 4	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Dispersante, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	9,3						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	15,19						
Coger Dispersante			7,345						
Llevar Dispersante a la balanza		4	15,31						
Pesar Dispersante			13,57						
Llevar Dispersante al mesón		3,5	2,05						
Espera hasta iniciar el proceso			492,65						
Llevar Dispersante a la maquina mezcladora		6	11,51						
Agregar Dispersante a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	559	3	4	1	0	0	

Figura 22. Preparación dispersante. (Elaboración propia).





















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 5	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Dietilen, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	8,4						
		Costo							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
				O	H	D	I	A	
Buscar materia prima en los estantes		4	15,13						
Coger Dietilen			7,178						
Llevar Dietilen a la balanza		4	15,49						
Pesar Dietilen			13,65						
Llevar Dietilen al mesón		3,5	2,14						
Espera hasta iniciar el proceso			439,07						
Llevar Dietilen a la maquina mezcladora		6	11,6						
Agregar Dietilen a la mezcladora			1,02						
Total		17,5	505	3	4	1	0	0	

Figura 23. Preparación Dietilen/ (Elaboración propia).


























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 6	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Carbonato, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método:		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	8						
		Costo							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	15,02						
Coger Carbonato			45,568						
Llevar Carbonato a la balanza		4	15,38						
Pesar Carbonato			13,53						
Llevar Carbonato al mesón		3,5	2,07						
Espera hasta iniciar el proceso			347,5						
Llevar Carbonato a la maquina mezcladora		6	11,5						
Agregar Carbonato a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	452	3	4	1	0	0	

Figura 24. Preparación carbonato. (Elaboración propia).




























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 7	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Talco, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método: Actual		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	6						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	15,31						
Coger Talco			7,125						
Llevar Talco a la balanza		4	14,7						
Pesar Talco			13,42						
Llevar Talco al mesón		3,5	2,05						
Espera hasta iniciar el proceso			294,9						
Llevar Talco a la maquina mezcladora		6	11,6						
Agregar Talco a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	360	3	4	1	0	0	

Figura 25. Preparación talco. (Elaboración propia).



























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 8	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Actividad: Preparación de Nopco, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 	0						
Método: Actual		Almacenamiento 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	5						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	14,61						
Coger Nopco			6,938						
Llevar Nopco a la balanza		4	14,63						
Pesar Nopco			13,49						
Llevar Nopco al mesón		3,5	2,07						
Espera hasta iniciar el proceso			243,17						
Llevar Nopco a la maquina mezcladora		6	11,33						
Agregar Nopco a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	307	3	4	1	0	0	

Figura 26. Preparación Nopco / (Elaboración propia).











Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 9	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
Actividad: Preparación de Acronal, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 	4						
		Espera 	1						
Método: Actual		Inspección 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 	0						
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	4						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	14,43						
Coger Acronal			44,013						
Llevar Acronal a la balanza		4	14,33						
Pesar Acronal			13,44						
Llevar Acronal al mesón		3,5	2,08						
Espera hasta iniciar el proceso			154,87						
Llevar Acronal a la maquina mezcladora		6	11,4						
Agregar Acronal a la mezcladora			1,04						
Total		17,5	256	3	4	1	0	0	

Figura 27. Preparación acronal. (Elaboración propia).


























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 10	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	4						
Actividad: Preparación de Cellozice, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 	5						
		Espera 	1						
Método: Actual		Inspección 	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 	0						
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	24,5						
		Tiempo en minutos	0						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	14,34						
Coger Cellozice			6,637						
Llevar Cellozice a la balanza		4	14,87						
Pesar Cellozice			13,61						
Llevar cCellozice al grifo de agua		7	1,13						
Mezclar Cellozice			1,03						
Llevar Cellozice al mesón		3,5	1,02						
Espera hasta iniciar el proceso			50,86						
Llevar Cellozice a la maquina mezcladora		6	11,227						
Agregar Cellozice a la mezcladora			1,03						
Total		24,5	115,754	4	5	1	0	0	

Figura 28. Preparación cellozice. (Elaboración propia).



















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 11	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I	Actividad	Actual	Propuesta	Economía					
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
		Inspección 	0						
Actividad: Preparación de Calcinado, Pesar, transportar y agregar materia prima		Almacenamiento 	0						
Método: Actual									
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	3						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		4	14,51						
Coger Calcinado			6,95						
Llevar Calcinado a la balanza	4	14,37							
Pesar Calcinado			13,47						
Llevar Calcinado al mesón		3,5	2,07						
Espera hasta iniciar el proceso			103,49						
Llevar Calcinado a la maquina mezcladora	6	11,39							
Agregar Calcinado a la mezcladora			1,04						
Total		17,5	167	3	4	1	0	0	

Figura 29. Preparación calcinada. (Elaboración propia).



















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 12	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 	3						
		Transporte 	4						
		Espera 	1						
		Inspección 	0						
Actividad: Preparación de Bactericida, Pesar, transportar y agregar materia prima		Almacenamiento 	0						
Método: Actual									
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	17,5						
		Tiempo en minutos	6						
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observación
									
Buscar materia prima en los estantes		4	14,52						
Coger Bactericida			6,722						
Llevar Bactericida a la balanza	4	14,22							
Pesar Bactericida			13,32						
Llevar Bactericida al mesón	3,5	2,07							
Espera hasta iniciar el proceso			319,31						
Llevar Bactericida a la maquina mezcladora	6	11,25							
Agregar Bactericida a la mezcladora			1,03						
Total		17,5	382	3	4	1	0	0	

Figura 30. Preparación acronal. (Elaboración propia).

Anexo 4. Sistema de suplementos por descanso porcentajes de los tiempos básicos.**1. SUPLEMENTOS CONSTANTES**

	Hombres	Mujeres
A. Suplemento por necesidades personales	5	7
B. Suplemento base por fatiga	4	4

2. SUPLEMENTOS VARIABLES

	Hombres	Mujeres		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie	2	4		4	45
B. Suplemento por postura anormal				2	100
Ligeramente incómoda	0	1	F. Concentración intensa		
incómoda (inclinado)	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
C. Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar)			Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Peso levantado [kg]			G. Ruido		
2,5	0	1	Continuo	0	0
5	1	2	Intermitente y fuerte	2	2
10	3	4	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	9	20	Estridente y fuerte		
35,5	22	máx ---	H. Tensión mental		
D. Mala iluminación			Proceso bastante complejo	1	1
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Bastante por debajo	2	2	Muy complejo	8	8
Absolutamente insuficiente	5	5	I. Monotonía		
E. Condiciones atmosféricas			Trabajo algo monótono	0	0
Índice de enfriamiento Kata			Trabajo bastante monótono	1	1
16	0		Trabajo muy monótono	4	4
8	10		J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo bastante aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Anexo 5. Cursograma analítico actual.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 13	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: Preparación de Bactericida, Pesar, transportar y agregar materia prima	Método: Actual	Operación	41						
		Transporte	13						
		Espera	12						
		Inspección	0						
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento	0						
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)	225,5						
		Tiempo en horas	4						
		Costo por cuñete							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
				O	→	D	□	▽	
Preparación TPF polvo silicato		11,5	56,19	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			167,56	●	→	●			
Preparación de Nonil		11,5	55,12	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			112,45	●	→	●			
Preparación de Titanio		11,5	53,16	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			88,42	●	→	●			
Preparación del agua		7	53,58	●	→	●			
Llevar agua a la mezcladora		1,5	2,55	●	→	●			
Agregar agua			3,17	●	→	●			
Encender la mezcladora			67,1	●	→	●			Velocidad de 300 RPM
Llevar TPF a la mezcladora		6	12,17	●	→	●			
Agregar TPF			3,07	●	→	●			
Mezclar			307,8	●	→	●			
Llevar nonil a la mezcladora		6	11,43	●	→	●			
Agregar nonil			2,47	●	→	●			
Mezclar			308,5	●	→	●			
Llevar titanio a la mezcladora		6	11,33	●	→	●			
Agregar titanio			1,03	●	→	●			
Mezclar			1803,7	●	→	●			
Preparación del dispersante		11,5	53,46	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			492,65	●	→	●			
Preparación de dietilen		11,5	53,59	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			439,07	●	→	●			
Preparación de carbonato		11,5	91,57	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			347,5	●	→	●			
Preparación de talco		11,5	52,6	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			294,9	●	→	●			
Preparación de nopco		11,5	51,73	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			243,17	●	→	●			
Preparación del acronal		11,5	88,3	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			154,87	●	→	●			
Preparación del calcinado		11,5	51,37	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			103,49	●	→	●			
Preparación del cellozice		18,5	52,63	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			50,86	●	→	●			
Preparación del bactericida		11,5	50,85	●	→	●			
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			322,81	●	→	●			
Llevar dispersante a la mezcladora		6	11,51	●	→	●			
Agregar dispersante			1,03	●	→	●			
Mezclar			310,4	●	→	●			
Llevar dietilen		6	11,6	●	→	●			
Agregar dietilen			1,02	●	→	●			
Mezclar			306	●	→	●			
Llevar dietilen		6	11,6	●	→	●			
Agregar dietilen			1,02	●	→	●			
Mezclar			306	●	→	●			
Llevar carbonato		6	11,5	●	→	●			
Agregar carbonato			1,03	●	→	●			
Mezclar			309,3	●	→	●			
Llevar talco		6	11,6	●	→	●			
Agregar talco			1,03	●	→	●			
Mezclar			307,9	●	→	●			
Llevar nopco		6	11,33	●	→	●			
Agregar nopco			1,03	●	→	●			
Mezclar			306,5	●	→	●			
Llevar acronal		6	11,4	●	→	●			
Agregar acronal			1,04	●	→	●			
Cambiar velocidad a la mezcladora			3,87	●	→	●			Se aumenta la velocidad a 400 RPM
Mezclar			306	●	→	●			
Llevar calcinado		6	11,39	●	→	●			
Agregar calcinado			1,04	●	→	●			
Mezclar			307,4	●	→	●			
Llevar cellozice		6	11,27	●	→	●			
Agregar cellozice			1,03	●	→	●			
Mezclar			306,1	●	→	●			
Llevar bactericida		6	11,25	●	→	●			
Agregar bactericida			1,03	●	→	●			
Mezclar			1771,7	●	→	●			
Envasar			1866,1	●	→	●			
Cargue producto terminado			522,2	●	→	●			
Total		225,5	12851,82	41	13	12			

Figura 31. Cursograma analítico. (Elaboración propia).

Anexo 6. Cursograma analíticos mejorados del proceso de preparación de materia prima.















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 1	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de TPF, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		3					
		Costo							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
				O	H	D	I	A	
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,89						
Coger TPF			7,81						
Llevar TPF a la balanza		2,24	4,1						
Pesar TPF			8,53						
Llevar TPF al mesón		1,33	2,59						
Espera hasta iniciar el proceso			167,56						
Llevar TPF a la maquina mezcladora		2,24	12,16						
Agregar TPF a la mezcladora			3,04						
Total		8,76	210	3	4	1	0	0	

Figura 32. Preparación mejorada TPF. (Elaboración propia).















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 2	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: Preparación de Nonil, Pesar, transportar y agregar materia prima		Operación 		3					
		Transporte 		4					
		Espera 		1					
		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		3					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
				O	H	D	I	A	
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,89						
Coger Nonil			7,678						
Llevar Nonil a la balanza		2,24	3,85						
Pesar Nonil			8,01						
Llevar Nonil al mesón		1,33	2,18						
Espera hasta iniciar el proceso			112,45						
Llevar Nonil a la maquina mezcladora		2,24	11,35						
Agregar Nonil a la mezcladora			2,4						
Total		8,76	152	3	4	1	0	0	

Figura 33. Preparación mejorada Nonil. (Elaboración propia).











Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 3	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de Titanio, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Método: Propuesto		Inspección 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		2					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,94						
Coger Titanio			6,888						
Llevar Titanio a la balanza		2,24	3,91						
Pesar Titanio			6,81						
Llevar Titanio al mesón		1,33	2,11						
Espera hasta iniciar el proceso			88,42						
Llevar Titanio a la maquina mezcladora		2,24	11,32						
Agregar Titanio a la mezcladora			1,02						
Total		8,76	124	3	4	1	0	0	

Figura 34. Preparación mejorada de titanio. (Elaboración propia).



























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 4	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de Dispersante, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Método:		Inspección 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		8,8					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	4,03						
Coger Dispersante			7,298						
Llevar Dispersante a la balanza		2,24	3,97						
Pesar Dispersante			6,67						
Llevar Dispersante al mesón		1,33	2,04						
Espera hasta iniciar el proceso			492,65						
Llevar Dispersante a la maquina mezcladora		2,24	11,44						
Agregar Dispersante a la mezcladora			1,02						
Total		8,76	529	3	4	1	0	0	

Figura 35. Preparación mejorada dispersante. (Elaboración propia).























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 5	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Actividad: Preparación de Dietilen, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 		0					
Método: Propuesto				0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		7,9					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,83						
Coger Dietilen			6,748						
Llevar Dietilen a la balanza		2,24	3,83						
Pesar Dietilen			7,09						
Llevar Dietilen al mesón		1,33	2,14						
Espera hasta iniciar el proceso			439,07						
Llevar Dietilen a la maquina mezcladora		2,24	11,43						
Agregar Dietilen a la mezcladora			1,01						
Total		8,76	475	3	4	1	0	0	

Figura 36. Preparación mejorado Dietilen. (Elaboración propia).



























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 6	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de Carbonato, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Método: Propuesyp		Inspección 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		7					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,74						
Coger Carbonato			29,46						
Llevar Carbonato a la balanza		2,24	3,73						
Pesar Carbonato			6,77						
Llevar Carbonato al mesón		1,33	2,42						
Espera hasta iniciar el proceso			347,5						
Llevar Carbonato a la maquina mezcladora		2,24	11,33						
Agregar Carbonato a la mezcladora			1,02						
Total		8,76	406	3	4	1	0	0	

Figura 37. Preparación mejorada carbonato. (Elaboración propia).




















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 7	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Actividad: Preparación de Talco, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		5					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,78						
Coger Talco			6,417						
Llevar Talco a la balanza		2,24	3,68						
Pesar Talco			6,8						
Llevar Talco al mesón		1,33	1,26						
Espera hasta iniciar el proceso			294,9						
Llevar Talco a la maquina mezcladora		2,24	11,51						
Agregar Talco a la mezcladora			1,02						
Total		8,76	329	3	4	1	0	0	

Figura 38. Preparación mejorada talco. (Elaboración propia).



























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 8	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Actividad: Preparación de Nopco, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		5					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,88						
Coger Nopco			6,38						
Llevar Nopco a la balanza		2,24	3,73						
Pesar Nopco			7,04						
Llevar Nopco al mesón		1,33	1,62						
Espera hasta iniciar el proceso			243,17						
Llevar Nopco a la maquina mezcladora		2,24	11,21						
Agregar Nopco a la mezcladora			1,03						
Total		8,76	278	3	4	1	0	0	

Figura 39. Preparación mejorada Nopco. (Elaboración propia).























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 9	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Actividad: Preparación de Acronal, Pesar, transportar y agregar materia prima		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		4					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,99						
Coger Acronal			34,398						
Llevar Acronal a la balanza		2,24	3,85						
Pesar Acronal			7,56						
Llevar Acronal al mesón		1,33	1,42						
Espera hasta iniciar el proceso			154,87						
Llevar Acronal a la maquina mezcladora		2,24	11,32						
Agregar Acronal a la mezcladora			1,03						
Total		8,76	218	3	4	1	0	0	

Figura 40. Preparación mejorada acronal. (Elaboración propia).























Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 11	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de Calcinado, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
		Inspección 		0					
Método: Propuesto		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		2					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,75						
Coger Calcinado			6,473						
Llevar Calcinado a la balanza		2,24	4,08						
Pesar Calcinado			7,75						
Llevar Calcinado al mesón		1,33	1,07						
Espera hasta iniciar el proceso			103,49						
Llevar Calcinado a la maquina mezcladora		2,24	11,36						
Agregar Calcinado a la mezcladora			1,03						
Total		8,76	139	3	4	1	0	0	

Figura 41. Preparación mejorada calcinada. (Elaboración propia).
































Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 10	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		4					
		Transporte 		5					
		Espera 		1					
		Inspección 		0					
Actividad: Preparación de Cellozice, Pesar, transportar y agregar materia prima		Almacenamiento 		0					
Método: Propuesto									
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB									
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		15,91					
		Tiempo en minutos		1					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,66						
Coger Cellozice			6,413						
Llevar Cellozice a la balanza		2,24	4,02						
Pesar Cellozice			7,38						
Llevar cCellozice al grifo de agua		4,24	1,14						
Mezclar Cellozice			1,02						
Llevar Cellozice al mesón		4,24	1,02						
Espera hasta iniciar el proceso			50,86						
Llevar Cellozice a la maquina mezcladora		2,24	11,21						
Agregar Cellozice a la mezcladora			1,03						
Total		15,91	87,753	4	5	1	0	0	

Figura 42. Preparación mejorada cellozice. (Elaboración propia).



















Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 12	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
		Operación 		3					
Actividad: Preparación de Bactericida, Pesar, transportar y agregar materia prima		Transporte 		4					
		Espera 		1					
Método: Propuesto		Inspección 		0					
Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Almacenamiento 		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		8,76					
		Tiempo en minutos		6					
		Costo por cajón							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
									
Buscar materia prima en los estantes		2,95	3,76						
Coger Bactericida			6,233						
Llevar Bactericida a la balanza		2,24	3,85						
Pesar Bactericida			7,38						
Llevar Bactericida al mesón		1,33	1,12						
Espera hasta iniciar el proceso			322,81						
Llevar Bactericida a la maquina mezcladora		2,24	11,18						
Agregar Bactericida a la mezcladora			1,03						
Total		8,76	357	3	4	1	0	0	

Figura 43. Preparación mejorada bactericida (Elaboración propia).

Anexo 7. Cursograma analítico mejorado.

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 13	Hoja núm. 1 de 1	Resumen							
Objeto: Pintura Vinilo Tipo I		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: Preparación de Bactericida, Pesar, transportar y agregar materia prima Método: propuesto Lugar: Laboratorio de materiales compuestos ENSB		Operación		41					
		Transporte		13					
		Espera		12					
		Inspección		0					
		Almacenamiento		0					
Operario (s): Gabriel Peluffo	Ficha núm.	Distancia (m)		165,89					
		Tiempo en horas		3					
		Costo por cuñete							
		Mano de obra							
Compuesto por:	Fecha:	Material							
Aprobado por:	Fecha:	Total							
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo segundos	Símbolo					Observaciones
Preparación TPF polvo silicato		6,52	26,92	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			167,56						
Preparación de Nonil		6,52	25,6	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			112,45						
Preparación de Titanio		6,52	23,66	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			88,42						
Preparación del agua		7	53,58	○	→				
Llevar agua a la mezcladora		1,5	2,55	○	→				
Agregar agua			3,17	○	→				
Encender la mezcladora			67,1	○	→				Velocidad de 300 RPM
Llevar TPF a la mezcladora		6	12,16	○	→				
Agregar TPF			3,04	○	→				
Mezclar			307,8	○	→				
Llevar nonil a la mezcladora		6	11,35	○	→				
Agregar nonil			2,4	○	→				
Mezclar			308,5	○	→				
Llevar titanio a la mezcladora		6	11,32	○	→				
Agregar titanio			1,02	○	→				
Mezclar			307,6	○	→				
Preparación del dispersante		6,52	24,01	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			492,65						
Preparación de dietilen		6,52	23,64	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			439,07						
Preparación de carbonato		6,52	46,12	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			347,50						
Preparación de talco		6,52	21,94	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			294,90						
Preparación de nopco		6,52	22,65	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			243,17						
Preparación del acronal		6,52	51,22	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			154,87						
Preparación del calcinado		6,52	23,13	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			103,49						
Preparación del cellozice		13,67	24,66	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			50,86						
Preparación del bactericida		6,52	22,35	○	→				
Espera hasta terminar el proceso de pesaje MP			322,81						
Llevar dispersante a la mezcladora		6	11,44	○	→				
Agregar dispersante			1,02	○	→				
Mezclar			310,40	○	→				
Llevar dietilen		6	11,43	○	→				
Agregar dietilen			1,01	○	→				
Mezclar			306,00	○	→				
Llevar carbonato		6	11,33	○	→				
Agregar carbonato			1,02	○	→				
Mezclar			309,30	○	→				
Llevar talco		6	11,51	○	→				
Agregar talco			1,02	○	→				
Mezclar			307,90	○	→				
Llevar nopco		6	11,21	○	→				
Agregar nopco			1,03	○	→				
Mezclar			306,50	○	→				
Llevar acronal		6	11,32	○	→				
Agregar acronal			1,03	○	→				
Cambiar velocidad a la mezcladora			3,87	○	→				Se aumenta la velocidad a 400 RPM
Mezclar			306,00	○	→				
Llevar calcinado		6	11,36	○	→				
Agregar calcinado			1,03	○	→				
Mezclar			307,40	○	→				
Llevar cellozice		6	11,21	○	→				
Agregar cellozice			1,03	○	→				
Mezclar			306,10	○	→				
Llevar bactericida		6	11,18	○	→				
Agregar bactericida			1,03	○	→				
Mezclar			1771,70	○	→				
Envasar			1866,10	○	→				
Cargue producto terminado			525,20	○	→				
Total		165,89	10982,911	41	13	12			

Nota: cursograma analítico mejorado del proceso de producción de pintura vinilo tipo I/ (elaboración propia)/ formato tomado de la (OIT, 1996).